

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
Lotto generale: Politecnico - Rebaudengo**

PROGETTO DEFINITIVO		INFRATRASPORTI S.r.l.												
DIRETTORE PROGETTAZIONE Responsabile integrazione discipline specialistiche	IL PROGETTISTA													
Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 6038S	Ing. F. Rizzo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 9337K	ELABORATI GENERALI CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO – PARTE B.2 – OPERE CIVILI: DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI												
		ELABORATO								REV.		SCALA	DATA	
		Int.	Est.									-	05/12/2023	
BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi		MT	L2	T1	A0	D	ZOO	GEN	Z	002.2	0	3	-	05/12/2023

AGGIORNAMENTI

Fig. 1 di 1

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	EMISSIONE	31/03/23	Vari autori	F. Rizzo	F. Rizzo	R. Crova
1	EMISSIONE FINALE A SEGUITO DI VERIFICA PREVENTIVA	06/10/23	Vari autori	F. Rizzo	F. Rizzo	R. Crova
2	EMISSIONE FINALE A SEGUITO DI VERIFICA PREVENTIVA	27/11/23	Vari autori	F. Rizzo	F. Rizzo	R. Crova
3	EMISSIONE FINALE A SEGUITO DI VERIFICA PREVENTIVA	05/12/23	Vari autori	F. Rizzo	F. Rizzo	R. Crova
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">LOTTO 0</td> <td style="padding: 2px;">CARTELLA</td> <td style="padding: 2px;">1.1</td> <td style="padding: 2px;">12</td> <td style="padding: 2px;">MTL2T1A0D</td> <td style="padding: 2px;">ZOOGENZ002.2</td> </tr> </table>	LOTTO 0	CARTELLA	1.1	12	MTL2T1A0D	ZOOGENZ002.2	<p>STAZIONE APPALTANTE</p> <p>DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio</p> <p>RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozziro</p>
LOTTO 0	CARTELLA	1.1	12	MTL2T1A0D	ZOOGENZ002.2		

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Sezione 0: Elenco delle sezioni – classificazione e norme tecniche di riferimento

MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO

METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO

PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI

SEZIONE 0:

ELENCO DELLE SEZIONI

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Vari autori		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023
1	Vari autori		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		06/10/2023
2	Vari autori		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		27/11/2023
3	Vari autori		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		05/12/2023

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
Piano di gestione della Progettazione	00 MTL2T1A0DZOOGENZ002.2-0-3_OOCC

INDICE

1.	INTRODUZIONE	4
1.1	PREMESSA	4
2.	INQUADRAMENTO GENERALE	10
3.	ELENCO DELLE SEZIONI DEL CAPITOLATO OPERE CIVILI	16

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Key-plan della Linea 2	4
Figura 2.	Key-plan della Linea 2 – tratta funzionale 1: Politecnico-Rebaudengo	11

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.	Elenco delle WBS delle opere incluse nel 1° lotto costruttivo	13
Tabella 2.	Elenco delle WBS incluse nel 2° lotto costruttivo	14

1. INTRODUZIONE

Il presente Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B2 – Opere civili - Sezione 0: Elenco delle sezioni è parte integrante della documentazione relativa alla Progettazione Definitiva della Linea 2 della Metropolitana di Torino - tratta Politecnico-Rebaudengo.

1.1 Premessa

La linea 2 della metropolitana di Torino avrà uno sviluppo totale di circa 28 km e comprenderà 32 stazioni. La linea sarà di tipo "automatico leggero" senza conducente, di caratteristiche simili a quelle della linea 1, ma si differenzierà necessariamente da essa in termini di "sistema ferroviario" e di dimensioni dei rotabili, anche per tener conto dello sviluppo tecnologico intervenuto. Coerentemente con le fasi progettuali precedenti, la linea guida progettuale è quella di stabilire una geometria delle stazioni e della galleria che potesse essere compatibile con tutti i principali sistemi di metropolitana automatica presenti sul mercato senza selezionare un sistema "proprietario".

Il Progetto di Fattibilità Tecnica Economica (nel seguito detto anche PFTE) della Linea 2 della Metropolitana di Torino è stato sviluppato nel 2019 e validato dal RUP, ai sensi dell'art. 26, comma 8, del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i. in data 8 gennaio 2020. Il tracciato dell'intera linea, nella sua configurazione finale, è suddiviso in tre tratte principali di seguito descritte.

- Tratta centrale:
 - estensione circa 15700 m;
 - numero di stazioni 23.
- Tratta nord (che corrisponde al prolungamento nord-est):
 - estensione circa 6500 m;
 - numero di stazioni 4.
- Tratta sud (che corrisponde al prolungamento sud-ovest):
 - estensione circa 5700 m;
 - numero di stazioni 5.

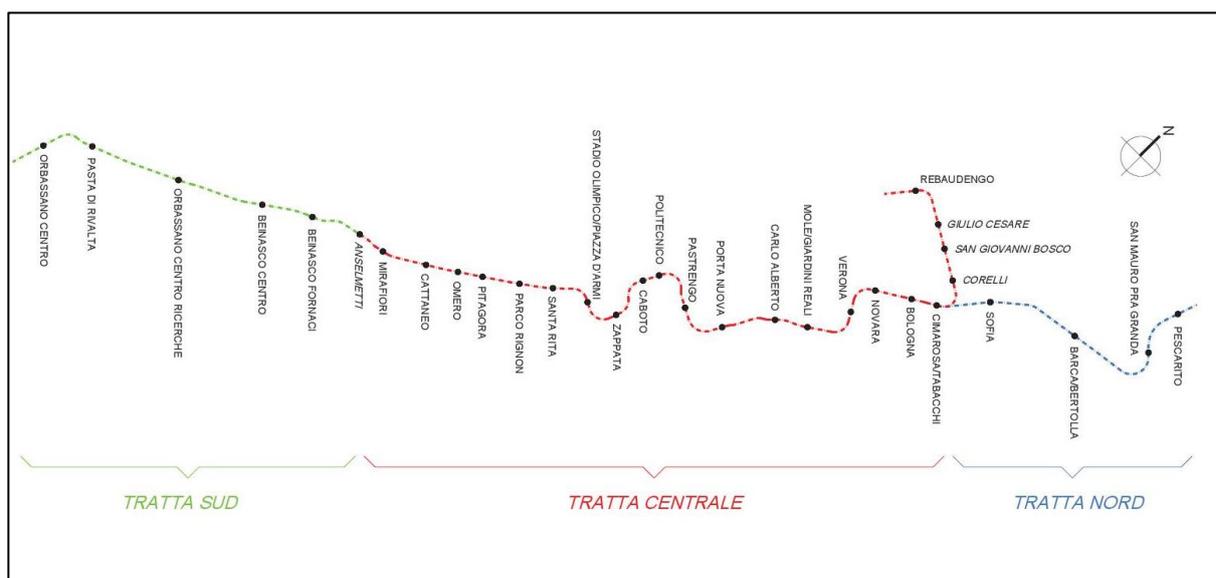


Figura 1. Key-plan della Linea 2

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Sezione 0: Elenco delle sezioni – classificazione e norme tecniche di riferimento

I soggetti incaricati della verifica hanno provveduto ad emettere il Rapporto Conclusivo in data 24 dicembre 2019 ed il RUP ha validato il progetto ai sensi dell'art. 26, comma 8, del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i. in data 8 gennaio 2020.

Dal calcolo sommario della spesa sono stati desunti i costi complessivi dell'opera, che ammontano ad Euro 4.926.274.272,00 (I.V.A. ed eventuali contributi compresi – anno di riferimento 2019).

La Legge n. 160 del 27/12/2019 (c.d. Legge Finanziaria) ha previsto uno stanziamento di 828 milioni di Euro, fra gli anni 2020 e 2032, destinato alla progettazione e alla realizzazione della Linea 2 della Metropolitana di Torino.

La Giunta Comunale, con Deliberazione n. mecc. 202000368/34 in data 7 febbraio 2020, ha approvato in linea tecnica il Progetto di Fattibilità Tecnico Economica della Linea 2, dando mandato agli uffici della Città di avviare l'iter previsto dall'art. 27 del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i., tramite l'indizione della specifica Conferenza dei Servizi ai sensi della Legge 241/1990 e s.m.i.

La Città di Torino, in data 25 maggio 2020, ha sottoscritto un Protocollo d'Intesa con Cassa Depositi e Prestiti, con il quale, quest'ultima, si impegna a fornire assistenza all'Amministrazione Comunale, finalizzata alla realizzazione del Progetto della Linea 2 della Metropolitana di Torino.

La Città di Torino, allo scopo di acquisire le prescrizioni e i pareri degli Enti coinvolti e dei gestori delle reti, ha avviato la procedura della Conferenza dei Servizi ai sensi dell'articolo 27 del D. Lgs. 50/2016 e s.m.i., che si è conclusa con la Determinazione Dirigenziale n. 2964 in data 8 settembre 2020 che ha preso atto dei pareri pervenuti.

Nella prima seduta della suddetta Conferenza di Servizi si è convenuto il ricorso al modello procedimentale dell'Accordo di Programma in variante urbanistica al P.R.G., ai sensi dell'art. 34 del T.U.E.L., per pervenire all'approvazione coordinata del predetto PFTE da parte di tutti i Comuni interessati.

Il competente Servizio Adempimenti Tecnico Ambientali della Città di Torino, a seguito di istanza del 12 maggio 2020 da parte del Servizio Ponti, Vie d'Acqua e Infrastrutture, ha dato avvio alla fase di scoping sul PFTE della Linea 2, ai sensi dell'art. 21 del D.Lgs. 152/2006, la quale si è conclusa con la Determinazione Dirigenziale n. 2248 in data 14 luglio 2020.

La Città di Torino, in data 28/10/2020 ha stipulato specifica convenzione con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che regola le modalità di erogazione del finanziamento di 828 milioni di Euro, assegnato dalla Legge Finanziaria e destinato alla progettazione definitiva della tratta Rebaudengo – Politecnico e alla realizzazione della sub-tratta Rebaudengo – Novara.

Con Delibera della Giunta Comunale n. mecc. 202002495/34 in data 17 novembre 2020 è stato approvato lo schema del Contratto regolante i rapporti tra Città di Torino e Infratrasporti.To s.r.l. per l'affidamento dei servizi di ingegneria inerenti la progettazione definitiva della tratta Politecnico – Rebaudengo della linea 2 di metropolitana.

Considerato che Infratrasporti.To è la società *in house* del Comune di Torino che svolge in conformità all'art. 4 del D. Lgs. n. 175/2016 s.m.i. e allo Statuto Sociale, le attività di engineering, di progettazione, di costruzione e sviluppo di impianti, sistemi e infrastrutture, anche ferroviari, per i sistemi di trasporto delle persone e delle merci, con Deliberazione di Consiglio Comunale n.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Sezione 0: Elenco delle sezioni – classificazione e norme tecniche di riferimento

mecc. 202001849/34 in data 26/10/2020 l'Amministrazione ha approvato l'indirizzo di avvalersi della Società Infratrasporti.To S.r.l. per la redazione del progetto definitivo della tratta Rebaudengo – Politecnico della Linea 2 della Metropolitana di Torino.

Lo sviluppo della progettazione avverrà per lotti successivi sulla base della disponibilità del relativo finanziamento. Qualora in futuro si realizzino le condizioni affinché la Città di Torino possa considerare la realizzazione della progettazione di altri lotti dell'opera, l'eventuale affidamento alla medesima Società Infratrasporti.To S.r.l. sarà assoggettato alle verifiche previste dalle norme vigenti e verranno perseguiti gli indirizzi espressi dal Consiglio Comunale con la Deliberazione n. mecc. 202001849/34 in data 26/10/2020.

In virtù degli approfondimenti effettuati e coerentemente con i contenuti della Convenzione stipulata con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, la Città di Torino intende dare priorità allo sviluppo del progetto definitivo della tratta funzionale Rebaudengo - Politecnico, che comprenda tutti gli accorgimenti tecnici per rendere esercibile la tratta in questione, ivi compreso un deposito provvisorio nella parte retrostante la stazione Rebaudengo.

La Città di Torino nell'ambito del contratto su menzionato ha affidato ad Infra.To i servizi di ingegneria inerenti alla revisione del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del Progetto Definitivo della tratta funzionale Rebaudengo – Politecnico della Linea 2 di Metropolitana.

In data 14/07/2021 Infra.To ha emesso la revisione del PFTF finalizzata a rendere esercibile la prima tratta funzionale prioritaria Rebaudengo – Politecnico. che ha uno sviluppo di circa 9,7 km, comprende 13 stazioni, 13 pozzi intertratta, un deposito/officina, un pozzo avente funzione di uscita di emergenza e la predisposizione per il manufatto di bivio in corrispondenza della stazione Cimarosa/Tabacchi.

Al fine di rendere funzionale la tratta, è stato necessario introdurre le seguenti opere/modifiche:

- Ampliamento del manufatto denominato Retrostazione Rebaudengo, modificandone la configurazione al fine di disporre di un deposito-officina, caratterizzato da un nuovo layout funzionale che permetta di eseguire gli interventi di manutenzione ordinaria programmata sui treni, oltre che il parcheggio di 7 treni in stalli predisposti e complessivamente di 10 treni a fine servizio;
- la stazione Politecnico è stata approfondita di un livello, passando quindi dalla tipologia a 3 livelli ad una tipologia a 4 livelli interrati; questa modifica, derivante dall'abbassamento della livelletta nel tratto compreso tra le stazioni adiacenti a quella del Politecnico, ovvero Stazione Caboto e Stazione Pastrengo, si è resa necessaria al fine di realizzare un tronchino in retrostazione a sud della Stazione Politecnico, avente la duplice funzione di permettere durante il servizio della linea l'inversione di marcia dei treni ed a fine servizio il parcheggio in linea di 4 vetture;
- introduzione di un pozzo di estrazione della Tunnel Borin Machine (TBM) che scaverà la galleria di linea nella tratta dal fondo del manufatto del pozzo Novara in direzione Politecnico.

Con successivo Decreto n. 92 in data 20 aprile 2022 del Ministro per le Infrastrutture e la Mobilità Sostenibili, di concerto con il Ministro dell'Economia e delle Finanze, sono stati assegnati alla Città di Torino ulteriori 1.000 milioni di Euro per il completamento della tratta Rebaudengo – Politecnico, le cui modalità di erogazione saranno definite con successivo provvedimento della

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Sezione 0: Elenco delle sezioni – classificazione e norme tecniche di riferimento

Direzione Generale per il trasporto pubblico locale e regionale e la mobilità pubblica sostenibile del MIMS.

Al fine di garantire la conformità urbanistica del PFTE della tratta prioritaria Politecnico-Rebaudengo, è stato avviato l'iter per l'approvazione della variante al PRG attraverso la procedura della Variante Semplificata, ai sensi del combinato disposto dell'art. 17 bis commi 2 e 6 della L.U.R. n. 56/1977 e s.m.i., come anche definito nell'Accordo Territoriale sottoscritto in data 29/09/2021 tra la Città Metropolitana di Torino e i Comuni di Torino, Beinasco, Orbassano, Rivalta di Torino e San Mauro Torinese. Pertanto, con nota prot. 5134 del 10/06/2022 venivano trasmessi all'Autorità Competente gli Elaborati Urbanistici ed Ambientali inerenti alla pratica di variante.

In data 28/07/2022 il Dipartimento Urbanistica ed Edilizia Privata - Divisione Urbanistica e Qualità dell'Ambiente Costruito - ha avviato la Conferenza dei Servizi per l'approvazione di Variante Semplificata ai sensi dell'art. 17 bis commi 2 e 6 della L.U.R. 56/1977 e artt. 14 e ss della L. 241/1990 e s.m.i. per la realizzazione della Linea 2 della Metropolitana Torinese – Tratta Rebaudengo-Politecnico. A seguito della relativa Conferenza dei servizi, la Verifica di VAS alla "Variante Semplificata al PRGC n. 333 si è conclusa con la Determinazione Dirigenziale n. 5168 del 26/10/2022 e con l'esclusione dal procedimento della VAS, ai sensi dell'art. 12 del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. e come previsto dalla L.U.R. 56/77 e s.m.i. e dalla D.G.R. 29 febbraio 2016 n. 25-2977. L'esclusione dalla VAS è stata subordinata al rispetto delle prescrizioni individuate nei pareri e contributi resi dai Soggetti Competenti in materia Ambientale (SCA) e dall'OTC, prescrizioni riportate nell'allegato "Relazione e Verbale del 17/10/2022" (Allegato n. 18 alla D.D. sopra citata), da recepire nelle successive fasi e con distinzione fra le Prescrizioni da recepire con modifiche/integrazioni agli elaborati costituenti il progetto di Variante urbanistica o il P.F.T.E. dell'opera e le Prescrizioni da recepire con modifiche/integrazioni agli elaborati costituenti il Progetto Definitivo dell'opera e, in particolare nello Studio di Impatto Ambientale a corredo dell'istanza di PAUR ai sensi dell'art. 23 comma 1 del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i..

Con Determinazione Dirigenziale n. 1833 del 14/04/2023 dell'Autorità Procedente, a seguito della Conferenza di Servizi indetta con prot. n. 757 del 15/02/2023, è stata approvata la Variante semplificata al PRGC n. 333 che ha apposto il vincolo preordinato all'esproprio e garantito la conformità urbanistica del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica al vigente P.R.G..

Con Delibera n. 251 del 15 maggio 2023, il Consiglio Comunale ha ratificato l'approvazione della Variante n. 333 al P.R.G. ai sensi dell'art. 17 bis commi 2 e 6 della L.U.R. n. 56/1977, come aggiornata in recepimento delle condizioni espresse nell'ambito delle Conferenze dei Servizi, la quale è divenuta efficace a seguito della pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione.

Con D.G.C. n. 320/2023 del 06/06/2023 ad oggetto "Linea 2 della metropolitana torinese – tratta Rebaudengo-Politecnico - Approvazione Progetto di Fattibilità Tecnico Economica EURO 1.826.909.712,69" è stata approvata la Revisione del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica nel tratto del Comune di Torino compreso fra Rebaudengo e Politecnico.

Il Progetto Definitivo è sviluppato a partire dalla Revisione del PFTE finalizzata all'adeguamento delle esigenze connesse allo stralcio progettuale della tratta funzionale prioritaria Politecnico – Rebaudengo con indicazione delle caratteristiche tecnico-funzionali che ne rendano possibile l'esercibilità.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Sezione 0: Elenco delle sezioni – classificazione e norme tecniche di riferimento

Inoltre, nel corso del Progetto Definitivo si è ottemperato alle prescrizioni/osservazioni formulate sia nella fase di scoping al PFTE che alle prescrizioni derivanti dalla summenzionata Variante n. 333 urbanistica al PRGC.

Con nota prot. n. 10946 del 05/12/2022, il Dipartimento Grandi Opere, Infrastrutture e Mobilità della Città di Torino, in qualità di Proponente, ha presentato alla Divisione Qualità Ambiente del Dipartimento Ambiente Transizione Ecologica della Città di Torino, istanza per l'avvio del Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale (PAUR) ai sensi dell'art. 27-bis del D.Lgs. n. 152/2006 relativamente al Progetto Definitivo della Linea 2 della Metropolitana di Torino per la tratta Rebaudengo – Politecnico, ricadente interamente nel Comune di Torino. Il procedimento di PAUR comprende il procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) e l'acquisizione dei Titoli Abilitativi del Progetto Definitivo "Linea 2 della Metropolitana di Torino, Tratta Rebaudengo – Politecnico nel Comune di Torino", ai sensi e per gli effetti degli art. 7 e 8 della Legge 7 agosto 1990 n. 241.

Con nota prot. n. 11074 del 07/12/2022 il Direttore del Dipartimento Ambiente Transizione Ecologica della Città di Torino, in qualità di Autorità Competente, ha avviato il procedimento in parola che, ai sensi dell'art. 27-bis del D.Lgs. n. 152/2006, si è articolato nelle fasi di verifica di completezza, adeguatezza, pubblicazione e avvio della consultazione del pubblico. Nel corso dell'iter, il Proponente ha interagito con i diversi enti coinvolti, e, dove necessario, ha provveduto a trasmettere alcune integrazioni/revisioni documentali, per rispondere ad osservazioni pervenute.

Con nota n. 6326 del 09/06/2023 il Responsabile del Procedimento ha avviato il procedimento di VIA e il rilascio di tutti i titoli abilitativi per la realizzazione e l'esercizio del progetto della Linea 2 della Metropolitana di Torino e la Conferenza di Servizi si è riunita in prima seduta illustrativa in data 27/06/2023. Con nota n. 7233 del 30/06/2023 è stata convocata la seconda riunione della Conferenza di Servizi che si è svolta in data 27/07/2023 e con nota n. 8787 e n. 8788 del 11/08/2023 è stata convocata la terza riunione della Conferenza di Servizi che è stata avviata in data 05/09/2023 con prosecuzione nel giorno 08/09/2023.

Con Determina Dirigenziale prot. n.5223 del 22/09/2023 del Dipartimento Ambiente e Transizione Ecologica della Città di Torino, preso atto delle valutazioni e proposte di prescrizioni tecniche/condizioni ambientali manifestate nel corso delle riunioni della Conferenza di Servizi e nelle note trasmesse all'uopo dai soggetti intervenuti e/o non intervenuti alle riunioni, in ordine al progetto, e preso atto del giudizio positivo di compatibilità ambientale espresso, subordinatamente all'ottemperanza delle condizioni ambientali riportate nel Rapporto finale della Conferenza di Servizi Decisoria (contenuto nel "Rapporto istruttorio" della D.D. prot. n. 5223 del 22/09/2023), sono stati acquisiti i titoli abilitativi ed è stato definito il programma temporale per i titoli da conseguire separatamente e successivamente ai sensi del comma 7-bis dell'art. 27-bis del D.Lgs. n. 152/2006. Nella stessa D.D. prot. n. 5223 del 22/09/2023 è specificata la sussistenza delle condizioni per il rilascio del parere favorevole unico, ai sensi dell'articolo 27-bis del D.Lgs. n. 152/2006 ed è stata stabilita la durata del provvedimento di espressione di tale parere in 15 anni dalla sua avvenuta pubblicazione all'Albo Pretorio telematico della Città di Torino, fermo restando che l'efficacia temporale dei rispettivi titoli abilitativi acquisiti è quella definita nei singoli provvedimenti secondo le specifiche norme di settore. Le condizioni e le misure supplementari relative ai titoli abilitativi necessari alla realizzazione e all'esercizio del progetto Linea 2 Metropolitana di Torino, acquisiti nell'ambito del procedimento di PAUR in oggetto, sono rinnovate

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Sezione 0: Elenco delle sezioni – classificazione e norme tecniche di riferimento

e riesaminate, controllate e sanzionate con le modalità previste dalle relative disposizioni di settore da parte di ciascuno dei Soggetti titolari al rilascio degli stessi.

Infine, in continuità con le direttive impartite nell'ambito delle precedenti fasi di Progettazione, dove la decisione tecnica dell'Amministrazione è stata quella di lasciare aperta l'individuazione del Sistema per la Linea 2 della Metropolitana di Torino, anche nella presente fase di progettazione definitiva, l'infrastruttura è stata dimensionata tenendo in conto la necessità di un "inviluppo" progettuale delle soluzioni tecnologiche e del materiale rotabile, basate sulle caratteristiche di un Sistema "ottimale", non proprietario, ma avente per ogni sotto funzione, il miglior compromesso tra specifiche e costi realizzativi, utilizzando le migliori tecnologie disponibili al momento della realizzazione dell'opera. Alcuni punti fermi sono mandatori, ossia che il Sistema sia di tipo "Driverless", ad automazione integrale e dotato dei più recenti sistemi di sicurezza.

2. INQUADRAMENTO GENERALE

La realizzazione dell'intera linea 2, che include la tratta centrale da Anselmetti a Rebaudengo ed i prolungamenti Nord e Sud, avverrà per lotti successivi sulla base della disponibilità dei finanziamenti.

Come anticipato in premessa, la Città di Torino, in data 28 ottobre 2020, ha stipulato apposita Convenzione con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che regola le modalità di erogazione del finanziamento di 828 milioni di Euro, assegnato dalla Legge Finanziaria 2020, e destinato alla progettazione definitiva della tratta Rebaudengo – Politecnico e alla realizzazione della sub-tratta Rebaudengo – Novara. Con successivo Decreto n. 92 in data 20 aprile 2022 del Ministro per le Infrastrutture e la Mobilità Sostenibili, di concerto con il Ministro dell'Economia e delle Finanze, sono stati assegnati alla Città di Torino ulteriori 1.000 milioni di Euro per il completamento della tratta Rebaudengo – Politecnico, le cui modalità di erogazione saranno definite con successivo provvedimento della Direzione Generale per il trasporto pubblico locale e regionale e la mobilità pubblica sostenibile del MIMS.

In virtù del finanziamento complessivo assegnato, per ottimizzare i tempi di realizzazione dell'opera, l'Amministrazione intende appaltare l'intera tratta Rebaudengo – Politecnico.

Alla luce di quanto sopra, la progettazione definitiva della tratta Rebaudengo-Politecnico è articolata in due lotti costruttivi:

- **1° lotto costruttivo: "Rebaudengo-Bologna"** che si sviluppa tra il deposito/officina Rebaudengo ed il pozzo Novara, comprende un tratto in galleria di linea pari a 3,7km, n. 6 stazioni (Rebaudengo, Giulio Cesare, San Giovanni Bosco, Corelli, Cimarosa/Tabacchi e Bologna), n. 6 pozzi intertratta aventi la funzione di ventilazione della linea e un pozzo di inizio tratta ricavato all'interno del manufatto del deposito/officina Rebaudengo, un pozzo costruttivo per lo scavo della galleria a foro cieco dalla PK 14+560 verso la Stazione Rebaudengo, e la predisposizione del manufatto di bivio per la realizzazione del futuro prolungamento nord, della linea. In questo lotto la galleria di linea è realizzata a foro cieco tra il deposito/officina Rebaudengo fino al pozzo costruttivo PT2, ed in artificiale tra diaframmi, nel tratto che va dal pozzo PT2 fino al pozzo Novara;
- **2° lotto costruttivo: "Bologna-Politecnico"**, che si sviluppa tra il pozzo Novara ed il pozzo terminale ubicato a fine tratta, nell'estremità sud del retrostazione Politecnico, comprende un tratto di galleria di linea pari a 5.7km, n. 7 stazioni (Novara, Verona, Mole/Giardini Reali, Carlo Alberto, Porta Nuova, Pastrengo, Politecnico), n. 7 pozzi di intertratta aventi funzione di ventilazione della linea, n. 1 avente funzione di uscita di emergenza ed un pozzo terminale per l'estrazione della TBM. In questo lotto la galleria di linea è realizzata a foro cieco con metodo meccanizzato con l'ausilio di una TBM-EPB, che avvierà gli scavi dal pozzo Novara (realizzato nell'ambito del 1° lotto funzionale) dove è prevista l'installazione del cantiere della TBM fino al retrostazione Politecnico.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Sezione 0: Elenco delle sezioni – classificazione e norme tecniche di riferimento

La codifica della documentazione progettuale è articolata in 9 livelli (per maggiori dettagli sulla procedura di codifica si faccia riferimento alla relazione MTL2T1A0DZOOGENR001 della cartella 1.1 – elaborati generali) ed in particolare:

- Per i documenti con codifica MTL2T1|**A0**|D|***|**|*|***|0|0|, il campo "A0" è stato attribuito agli elaborati i cui contenuti hanno valenza generale sull'intera tratta funzionale 1 e nel cartiglio è stata riportata l'indicazione di "**Lotto generale: Rebaudengo - Politecnico**";
- Per i documenti con codifica MTL2T1|**A1**|D|***|**|*|***|0|0|, il campo "A1" è stato attribuito agli elaborati relativi al 1° lotto costruttivo sopra descritto; nel cartiglio è stata riportata l'indicazione di "**Lotto costruttivo 1: Rebaudengo - Bologna**";
- Per i documenti con codifica MTL2T1|**A2**|D|***|**|*|***|0|0|, il campo "A2" è stato attribuito agli elaborati relativi al 2° lotto costruttivo sopra descritto; nel cartiglio è stata riportata l'indicazione di "**Lotto costruttivo 2: Bologna - Politecnico**".

Il Progetto Definitivo è stato sviluppato a partire dalla revisione del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica finalizzata all'adeguamento delle esigenze connesse allo stralcio progettuale della tratta funzionale prioritaria Politecnico – Rebaudengo con indicazione delle caratteristiche tecnico-funzionali che ne rendano possibile l'esercibilità.

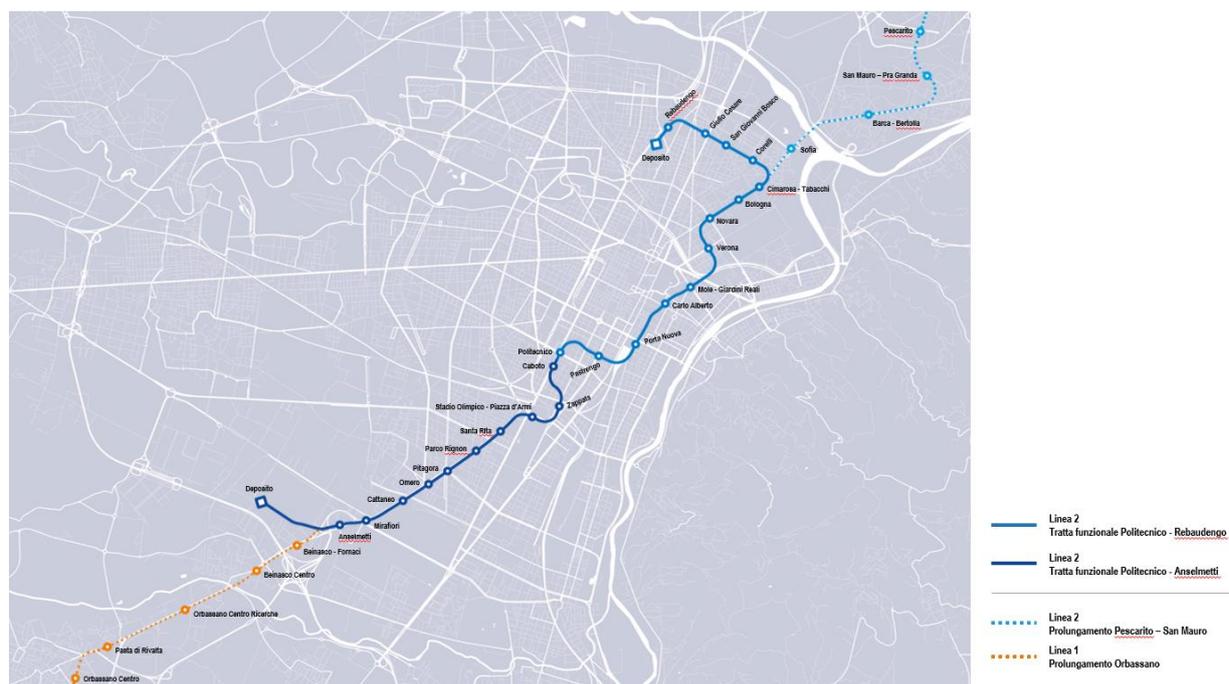


Figura 2. Key-plan della Linea 2 – tratta funzionale 1: Politecnico-Rebaudengo

La prima tratta funzionale della Linea 2 della Metropolitana di Torino, inclusa tra le stazioni Rebaudengo e Politecnico, si colloca interamente nel territorio comunale di Torino, presenta una lunghezza di circa 9,7 km, e, procedendo da nord verso sud, si sviluppa a partire dalla stazione di corrispondenza con la stazione F.S. Rebaudengo-Fossata, *prosegue lungo la ex trincea ferroviaria posta tra via Gottardo e via Sempione dove sono ubicate tre stazioni Giulio Cesare, S. Giovanni Bosco e Corelli*. Da quest'ultima, il tracciato passa lungo via Bologna, al fine di servire

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Sezione 0: Elenco delle sezioni – classificazione e norme tecniche di riferimento

meglio gli insediamenti dell'area interessata esistenti e futuri con le fermate intermedie Cimarosa-Tabacchi, Bologna e Novara. Dopo la fermata Novara, il tracciato si allontana dall'asse di Via Bologna mediante una curva in direzione sud-est e si immette sotto l'asse di Corso Verona fino alla Stazione Verona ubicata in Largo Verona. Dopo la fermata Verona, sotto attraversato il fiume Dora e Corso Regina Margherita, la linea entra nel centro storico della città con le fermate Mole/Giardini Reali e Carlo Alberto, portandosi poi in corrispondenza di via Lagrange, sino ad arrivare alla stazione Porta Nuova, posta lungo via Nizza, che sarà una fermata di corrispondenza sia con la linea F.S. che con la Linea 1 della metropolitana di Torino. Dalla fermata Porta Nuova il tracciato prosegue lungo l'allineamento di via Pastrengo, per poi curvare in direzione sud per portarsi su corso Duca degli Abruzzi fino alla fermata Politecnico.

La prima tratta funzionale è costituita dalle seguenti opere:

- 13 stazioni sotterranee
- 13 pozzi intertratta aventi funzione di ventilazione
- 1 pozzo di ventilazione ad inizio tratta incluso nel manufatto del deposito/officina Rebaudengo
- 1 uscita di emergenza ed accesso dei soccorsi
- 2 pozzi terminali provvisori, di cui uno a fine tratta funzionale per l'estrazione della TBM, posto all'estremità del tronchino in retrostazione Politecnico e l'altro alla fine della galleria a foro cieco realizzata con metodo tradizionale.
- La galleria di linea è costituita da:
 - ✓ la galleria naturale a foro cieco realizzata con scavo tradizionale per una lunghezza complessiva di 570m circa, che va dal manufatto di retrostazione Rebaudengo alla Stazione Rebaudengo e da quest'ultima al pozzo terminale PT2 ubicato alla fine dello scavo a foro cieco e costituisce l'inizio della galleria artificiale;
 - ✓ la galleria artificiale in Cut&Cover ad uno o due livelli, per una lunghezza complessiva di circa 2.390m che collega il pozzo PT2 e le stazioni Giulio Cesare, San Giovanni Bosco, Corelli, Cimarosa/Tabacchi, Bologna fino al manufatto in retrostazione Bologna che include anche il pozzo Novara;
 - ✓ la galleria naturale realizzata in scavo meccanizzato mediante una TBM (Tunnel Borin Machine) avente diametro di 10,00m, che andrà dal Pozzo Novara fino al tronchino in retrostazione Politecnico per una lunghezza complessiva di circa 5.175m;
- il manufatto in retrostazione Rebaudengo, avente la funzione di deposito-officina, per la manutenzione ordinaria programmata sui treni, oltre che il parcheggio di 7 treni in stalli predisposti e complessivamente di 10 treni a fine servizio;
- la predisposizione per la realizzazione del manufatto di bivio nella diramazione nord verso San Mauro Torinese.

Schematicamente, le WBS relative alle opere che compongono il progetto, distinte per i due lotti costruttivi summenzionati, sono indicate nelle seguenti tabelle.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Sezione 0: Elenco delle sezioni – classificazione e norme tecniche di riferimento

Tabella 1. Elenco delle WBS delle opere incluse nel 1° lotto costruttivo

WBS	Descrizione WBS
DRB	Deposito Officina Rebaudengo
PRB	Pozzo di inizio tratta incluso nel manufatto del deposito/officina Rebaudengo
GN1	Galleria di linea naturale con metodo tradizionale da DRB a SRB
SRB	Stazione Rebaudengo
GN2	Galleria di linea naturale con metodo tradizionale da SRB fino al pozzo costruttivo PT2
PT2	Pozzo terminale estremità est della galleria artificiale – pozzo costruttivo per lo scavo della galleria a foro cieco dalla PK 14+560 verso stazione Rebaudengo
GA1	Galleria di linea artificiale da PT2 a SGC
PGC	Pozzo di intertratta Giulio Cesare
SGC	Stazione Giulio Cesare
GA2	Galleria di linea artificiale da SGC a SSG
PSG	Pozzo di intertratta San Giovanni Bosco
SSG	Stazione San Giovanni Bosco
GA3	Galleria di linea artificiale da SGC a SCO
PCO	Pozzo di intertratta Corelli
SCO	Stazione Corelli
GA4	Galleria di linea artificiale da SCO a SCI - Manufatto di bivio nord e ramo ovest
PCI	Pozzo di intertratta Cimarosa/Tabacchi
SCI	Stazione Cimarosa/Tabacchi
GA5	Galleria di linea artificiale da SCI a SBO
PBO	Pozzo di intertratta Bologna
SBO	Stazione Bologna
GA6	Galleria di linea artificiale da SBO a PNO - Manufatto Retrostazione Bologna
PNO	Pozzo di intertratta Novara - pozzo partenza TBM

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
 Sezione 0: Elenco delle sezioni – classificazione e norme tecniche di riferimento

Tabella 2. Elenco delle WBS incluse nel 2° lotto costruttivo

WBS	Descrizione WBS
PNO	Pozzo di intertratta Novara - pozzo partenza TBM
GT1	Galleria di linea naturale in TBM da PNO a SNO
SNO	Stazione Novara
GT2	Galleria di linea naturale in TBM da SNO a SVR
PVR	Pozzo di intertratta Verona
SVR	Stazione Verona
GT3	Galleria di linea naturale in TBM da SVR a SMO
PMO	Pozzo di intertratta Mole/Giardini Reali
EMO	Pozzo di Emergenza Mole
SMO	Stazione Mole/Giardini Reali
GT4	Galleria di linea naturale in TBM da SMO a SCA
PCA	Pozzo di intertratta Carlo Alberto
SCA	Stazione Carlo Alberto
GT5	Galleria di linea naturale in TBM da SCA a SPN
PPN	Pozzo di intertratta Porta Nuova
SPN	Stazione Porta Nuova - interconnessione con Linea 1
GT6	Galleria di linea naturale in TBM da SPN a SPA
PPA	Pozzo di intertratta Pastrengo
SPA	Stazione Pastrengo
GT7	Galleria di linea naturale in TBM da SPA a SPO
PPO	Pozzo di intertratta Politecnico
SPO	Stazione Politecnico
GT8	Galleria di linea naturale in TBM da SPO a P01
PCB	Pozzo di intertratta Caboto
PT1	Pozzo terminale della 1^ tratta funzionale nel retrostazione Politecnico (pozzo di estrazione della TBM)

Sono inclusi nel presente progetto:

- Bonifica da ordigni bellici;
- Demolizioni di manufatti esistenti;
- Deviazioni dei pubblici servizi e opere di ripristino;
- Opere civili al rustico:
 - o Gallerie di linea
 - o Stazioni (corpo stazione e accessi)
 - o Pozzi di intertratta (ventilazione meccanica, accessi VV.F., aggotamento)
 - o Pozzo uscita di emergenza
 - o Pozzo terminale di fine lotto funzionale per l'estrazione della TBM
 - o Pozzo terminale della galleria artificiale
 - o Deposito/Officina Rebaudengo
- Finiture e sistemazioni superficiali:
 - o Stazioni
 - o Pozzi di intertratta (ventilazione meccanica, accessi VV.F., aggotamento)
 - o Pozzo uscita di emergenza

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Sezione 0: Elenco delle sezioni – classificazione e norme tecniche di riferimento

- Pozzo terminale di fine lotto funzionale per l'estrazione della TBM
- Pozzo terminale della galleria artificiale
- Deposito/Officina Rebaudengo
- Impianti non connessi al sistema
 - Gallerie di linea (Illuminazione normale ed emergenza, distribuzione elettrica e prese forza motrice, messa a terra, segnalazione dinamica, idrico antincendio, rivelazione incendi, geotermia, adduzione idrica)
 - Stazioni (scale mobili, ascensori, ventilazione emergenza, idrico antincendio, rivelazione fumi, ventilazione e condizionamento hvac, aggettamento e scarico, adduzione idrico-sanitaria, cancelli motorizzati accessi, illuminazione normale ed emergenza, distribuzione in bassa tensione e forza motrice, messa a terra, supervisione e controlli scada, geotermia, controllo accessi)
 - Pozzi di intertratta, emergenza e terminali (ventilazione emergenza, antincendio, aggettamento-ove presente, illuminazione normale ed emergenza, distribuzione elettrica e prese forza motrice, messa a terra, rivelazione incendi, supervisione e controlli scada, ventilazione e condizionamento Hvac, controllo accessi, adduzione idrica, ascensore – solo pozzo di emergenza)
 - Deposito/Officina Rebaudengo (ascensori, ventilazione emergenza, idrico antincendio, antincendio a gas, rivelazione fumi, evac, ventilazione e condizionamento hvac, aggettamento e scarico, adduzione idrica, impianti edificio uffici e PCC, controllo accessi, illuminazione normale ed emergenza, distribuzione media tensione, distribuzione in bassa tensione e forza motrice, messa a terra, supervisione e controlli scada, geotermia, controllo accessi, impianti speciali, impianti meccanici per la manutenzione, irrigazione)
- Prevenzione incendi per il Deposito/Officina Rebaudengo e per l'intera linea.

La progettazione e la realizzazione degli impianti del sistema (armamento, alimentazione elettrica, controllo automatico dei treni, comunicazioni, posto di controllo e di comando, porte di banchine delle stazioni, apparecchiature del deposito officina ...) saranno a cura del detentore del sistema che sarà individuato nelle fasi successive.

3. ELENCO DELLE SEZIONI DEL CAPITOLATO OPERE CIVILI

Il presente Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B.1 (nel seguito CSA – Parte B.1) inerente alle Opere Civili è suddiviso nel modo seguente:

- Sezione 1: BONIFICA DA ORDIGNI BELLICI
- Sezione 2: RILIEVI E TRACCIAMENTI
- Sezione 3: SONDAGGI E PROSPEZIONI
- Sezione 4: DEMOLIZIONI
- Sezione 5: MOVIMENTI DI TERRA
- Sezione 6: OPERE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO
- Sezione 7: PALI E MICROPALI
- Sezione 8: DIAFRAMMI
- Sezione 9: CONSOLIDAMENTI
- Sezione 10: IMPERMEABILIZZAZIONI
- Sezione 11: PAVIMENTAZIONI ED OPERE STRADALI ACCESSORIE
- Sezione 12: SOTTOSERVIZI E FOGNATURE
- Sezione 13: IMPIANTO DI SCAMBIO GEOTERMICO
- Sezione 14: CANTIERIZZAZIONI
- Sezione 15: MONITORAGGI
- Sezione 16: SEGNALETICA
- Sezione 17: IMPIANTI ILLUMINAZIONE ESTERNA
- Sezione 18: OPERE IN SOTTERRANEO
- Sezione 19: ANCORAGGI
- Sezione 20: SALVAGUARDIA ARCHEOLOGICA

4. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

I lavori descritti nelle varie Sezioni del presente CSA-Parte B dovranno essere eseguiti in conformità alle normative tecniche vigenti, richiamate negli specifici elaborati progettuali. Si segnala, tra le altre, l'assoluta necessità del rispetto delle seguenti norme:

- [1] D.lgs. n. 50 del 18/04/2016 e s.m.i.: Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.
- [2] D.P.R. n. 207 del 5/10/2010: Regolamento di attuazione nelle parti ancora in vigore.
- [3] D.M. n. 560 del 01/12/2017: Modalità e i tempi di progressiva introduzione, da parte delle stazioni appaltanti, delle amministrazioni concedenti e degli operatori economici, dell'obbligatorietà dei metodi e degli strumenti elettronici specifici, quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture, nelle fasi di progettazione, costruzione e gestione delle opere e relative verifiche.
- [4] UNI 11337:2017 - Edilizia e opere di Ingegneria Civile: Gestione digitale dei processi informativi:
 - o Parte 1 – Descrizione dei modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotto e processi
 - o Parte 4 – Evoluzione e sviluppo di tali modelli, elaborati e oggetti informativi
 - o Parte 5 – Flussi informativi nei processi digitalizzati
 - o Parte 6 – Redazione del capitolato informativo
 - o Parte 7 – Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa.
- [5] Legge n. 1086 del 05/11/1971: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- [6] DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni" - NTC2018 - (GU n.42 del 20/02/2018).
- [7] Circolare esplicativa del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 21 gennaio 2019, n.7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni, di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" (GU Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5).
- [8] D.M. 21/10/2015: "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane".
- [9] D.M. 16/02/2007 – Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione.
- [10] UNI 9503-2007: "Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi in acciaio".
- [11] UNI EN 206:2021, "Calcestruzzo – Parte 1: specificazione, prestazione, produzione e conformità".

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1
Sezione 0: Elenco delle sezioni – classificazione e norme tecniche di riferimento

- [12] UNI 11104-2016, "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità – Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206".
- [13] UNI EN 1090-1:2012 – "Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 1: Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali".
- [14] Stucchi M., et al., 2004 - Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale MPS04. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. (<https://doi.org/10.13127/sh/mps04/ag>).
- [15] Azioni sismiche - Spettri di risposta ver.1.03 (Software sperimentale disponibile dal sito del CSLLPP, <http://cslp.mit.gov.it>).

Quando necessario, sono altresì assunti a riferimento i Codici Normativi Europei nella loro ultima revisione) sottoelencati:

- [16] Eurocode 0 - Criteri generali di progettazione strutturale
- [17] UNI EN 1990:2006 Criteri generali di progettazione strutturale
- [18] Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture
- UNI EN 1991-1-1:2004 Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici
 - UNI EN 1991-1-2:2004 Parte 1-2: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco
 - UNI EN 1991-1-3:2015 Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve
 - UNI EN 1991-1-4:2010 Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento
 - UNI EN 1991-1-5:2004 Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche
 - UNI EN 1991-1-6:2005 Parte 1-6: Azioni in generale - Azioni durante la costruzione
 - UNI EN 1991-1-7:2014 Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali
 - UNI EN 1991-2:2005 Parte 2: Carichi da traffico sui ponti
 - UNI EN 1991-3:2006 Parte 3: Azioni indotte da gru e da macchinari
 - UNI EN 1991-4:2006 Parte 4: Azioni su silos e serbatoi
- [19] Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo
- UNI EN 1992-1-1:2015 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
 - UNI EN 1992-1-2:2019 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
 - UNI EN 1992-2:2006 Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi
 - UNI EN 1992-3:2006 Parte 3: Strutture di contenimento liquidi
- [20] Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio
- UNI EN 1993-1-1:2014 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
 - UNI EN 1993-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
 - UNI EN 1993-1-3:2007 Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo
 - UNI EN 1993-1-4:2021 Parte 1-4: Regole generali - Regole supplementari per acciai inossidabili
 - UNI EN 1993-1-5:2019 Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra
 - UNI EN 1993-1-6:2017 Parte 1-6: Resistenza e stabilità delle strutture a guscio

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Sezione 0: Elenco delle sezioni – classificazione e norme tecniche di riferimento

- UNI EN 1993-1-7:2007 Parte 1-7: Strutture a lastra ortotropa caricate al di fuori del piano
 - UNI EN 1993-1-8:2005 Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti
 - UNI EN 1993-1-9:2005 Parte 1-9: Fatica
 - UNI EN 1993-1-10:2005 Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore
 - UNI EN 1993-1-11:2007 Parte 1-11: Progettazione di strutture con elementi tesi
 - UNI EN 1993-1-12:2007 Parte 1-12: Regole aggiuntive per l'estensione della EN 1993 fino agli acciai di grado S 700
 - UNI EN 1993-2:2007 Parte 2: Ponti di acciaio
 - UNI EN 1993-3-1:2007 Parte 3-1: Torri, pali e ciminiere - Torri e pali
 - UNI EN 1993-3-2:2007 Parte 3-2: Torri, pali e ciminiere - Ciminiere
 - UNI EN 1993-4-1:2017 Parte 4-1: Silos
 - UNI EN 1993-4-2:2017 Parte 4-2: Serbatoi
 - UNI EN 1993-5:2007 Parte 5: Pali e palancole
 - UNI EN 1993-6:2007 Parte 6: Strutture per apparecchi di sollevamento
- [21] Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo
- UNI EN 1994-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
 - UNI EN 1994-1-2:2014 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
 - UNI EN 1994-2:2006 Parte 2: Regole generali e regole per i ponti
- [22] Eurocodice 5 – Progettazione delle strutture in legno
- UNI EN 1995-1-1:2014 Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici
 - UNI EN 1995-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
 - UNI EN 1995-2:2005 Parte 2: Ponti
- [23] Eurocodice 6 – Progettazione delle strutture in muratura
- UNI EN 1996-1-1:2022 Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata
 - UNI EN 1996-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
 - UNI EN 1996-2:2006 Parte 2: Considerazioni progettuali, selezione dei materiali ed esecuzione delle murature
 - UNI EN 1996-3:2006 Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata
- [24] Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica
- UNI EN 1997-1:2013 Parte 1: Regole generali
 - UNI EN 1997-2:2007 Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- [25] Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica
- UNI EN 1998-1:2013 Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
 - UNI EN 1998-2:2011 Parte 2: Ponti
 - UNI EN 1998-3:2005 Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici
 - UNI EN 1998-4:2006 Parte 4: Silos, serbatoi e condotte

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B1

Sezione 0: Elenco delle sezioni – classificazione e norme tecniche di riferimento

- UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- UNI EN 1998-6:2005 Parte 6: Torri, pali e camini

[26] Legge 2 febbraio 1974, n. 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

[27] D.G.R. 30 Dicembre 2019, n. 6-887: "Presenza d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte"

[28] D.G.R. 26 Novembre 2021, n. 10-4161: "Approvazione delle nuove procedure di semplificazione attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico".

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 1:

BONIFICA DA ORDIGNI BELLICI

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. F. Cocito		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023
1	Ing. F. Rizzo		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		06/10/2023

INDICE

1.	DEFINIZIONI.....	2
2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	2
3.	NORME DI MISURAZIONE	2
	3.1 Decespugliamento.....	2
	3.2 Bonifica di terreno.....	2
	3.3 Recupero di ordigni bellici.....	3
4.	PRESCRIZIONI E ONERI GENERALI	3
	4.1 Indagini preliminari	3
	4.2 Bonifica superficiale.....	3
	4.3 Bonifica profonda	3
	4.4 Bonifica eseguita mediante penetrometri con sonda magnetica integrata (asta liscia)	4
	4.5 Bonifica eseguita mediante scavo assistito	4
5.	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	4
6.	MATERIALI E MODALITA' ESECUTIVE	5
	6.1 Rimozione della vegetazione	5
	6.2 Indagine geofisica preliminare.....	6
	6.2.1 Indagine elettromagnetica ad induzione (FDEM)	6
	6.2.2 Georadar (GPR)	7
	6.2.3 Tomografia Elettrica (ERT)	7
	6.3 Esplorazione del terreno	7
	6.4 Bonifica eseguita mediante penetrometri con sonda magnetica integrata (eventuale)	8
	6.5 Bonifica eseguita con scavo assistito (eventuale).....	8
	6.6 Scavo per il recupero degli ordigni bellici	9
7.	SPECIFICHE RELATIVE AGLI APPARATI DI RICERCA ED AL LORO IMPIEGO.....	9
8.	CONTROLLI DI QUALITA' E COLLAUDO	9

1. DEFINIZIONI

Con "Bonifica da Ordigni Bellici" (BOB) si intendono tutte le attività finalizzate alla ricerca, disinnescamento e/o rimozione di ordigni bellici di qualsiasi natura dalle aree interessate dai lavori di costruzione oggetto del presente CSA-Parte B1.

Con "bonifica superficiale" si intende la BOB eseguita fino a 1m di profondità e con "bonifica profonda" quella oltre 1m di profondità.

Per "ordigni bellici", indipendentemente dalla terminologia utilizzata nel seguito ed in ogni altro documento contrattuale o progettuale, si intendono: mine, bombe, proiettili, ordigni esplosivi, masse ferrose e residui bellici di qualsiasi natura.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Si richiamano, a titolo esemplificativo e non esaustivo, le principali normative relative all'argomento in oggetto:

- D.L.L. 12/04/46, n. 320 e leggi successive
- R.D. 18/06/31 n° 773 T.U. leggi Pubblica Sicurezza Artt.46 e 52 e leggi successive
- Regolamento esecutivo al T.U. di cui sopra
- Circolare 300/46 del 24/11/52 del Min. Interni
- D. Lgs. 15 marzo 2010, n. 66 "Codice dell'Ordinamento Militare";
- D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 "Testo Unico sulla Sicurezza" e s.m.i.;
- L. 1° ottobre 2012, n. 177;
- D. I. 11 maggio 2015, n° 82 "Regolamento per la definizione dei criteri per l'accertamento dell'idoneità delle imprese ai fini dell'iscrizione all'albo delle imprese specializzate in bonifiche da ordigni esplosivi residui bellici".
- GEN-BST-001 "Direttiva Tecnica Bonifica Bellica Sistemica Terrestre (a mente dell'art. 4, comma 2 del D.M. 28 febbraio 2017) emessa dal Ministero della Difesa della Repubblica Italiana – edizione 2020

3. NORME DI MISURAZIONE

La misurazione della bonifica da ordigni bellici eseguita con tecniche convenzionali (superficiale + profonda), così come previsto in progetto, ai fini di applicazione delle corrispondenti voci di prezzo, è eseguita a metro quadrato di terreno bonificato.

Qualora si rendesse necessario procedere con tecniche diverse, si procederà come segue:

- La misura della bonifica bellica eseguita con scavo assistito sarà eseguita a metro quadrato di terreno bonificato.
- La misura della bonifica bellica eseguita mediante penetrometri con sonda magnetica integrata (volgarmente "perforazione asta liscia") sarà a metro lineare di perforazione.

La realizzazione della campagna di indagine geofisica preliminare è da intendersi a corpo sulla base delle specifiche nel seguito illustrate (cap.4.2).

3.1 Decespugliamento

La misurazione verrà effettuata computando i metri quadrati previsti nel progetto od altre quantità ordinate dalla DL o dalla Direzione Genio Militare in corso di esecuzione ed effettivamente eseguite.

Nei prezzi di realizzazione del decespugliamento si intendono tutti gli oneri principali ed accessori quali:

- la predisposizione dei piani di lavoro, il tracciamento ed il picchettamento dell'area.
- la preparazione ed il decespugliamento del terreno.
- la raccolta e trasporto a discarica autorizzata dei materiali di risulta.

3.2 Bonifica di terreno

La misurazione verrà effettuata computando i metri quadrati previsti nel progetto od altre quantità ordinate dalla DL o dalla Direzione Genio Militare in corso di esecuzione ed effettivamente eseguite.

Nei prezzi di realizzazione della bonifica di terreno si intendono tutti gli oneri principali ed accessori quali:

- la predisposizione dei piani di lavoro, il tracciamento ed il picchettamento dell'area.
- la bonifica con strumenti di ricerca per ordigni bellici o altre masse ferrose fino alle profondità indicate dalla Direzione Genio Militare o dalla D.L..

3.3 Recupero di ordigni bellici

La misurazione verrà effettuata computando i metri quadrati previsti nel progetto del recupero od altre quantità ordinate dalla DL o dalla Direzione Genio Militare in corso di esecuzione ed effettivamente eseguite. Nei prezzi di realizzazione del recupero di ordigni si intendono tutti gli oneri principali ed accessori quali:

- la predisposizione dei piani di lavoro, il tracciamento ed il picchettamento dell'area.
- lo scavo disposto dal Genio Militare volto al recupero degli ordigni o altre masse ferrose precedentemente individuate.
- quant'altro previsto nella presente specifica come lavorazione annessa alla realizzazione della bonifica di terreno.

4. PRESCRIZIONI E ONERI GENERALI

I lavori di bonifica dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi dello Stato e dei regolamenti militari vigenti, e di quanto prescritto dal presente CSA-Parte B.

Il Ministero della Difesa, in ottemperanza all'art. 22 del D. Lgs. N° 66/2010 (di seguito indicato "Codice") e successive modifiche e/o integrazioni, è responsabile della vigilanza/sorveglianza sulle attività di bonifica da ordigni esplosivi residuati bellici svolte da imprese specializzate iscritte all'Albo istituito dal D.I. 82/2015, avvalendosi all'uopo delle competenti articolazioni esecutive periferiche.

In caso di conflitto, le prescrizioni e le disposizioni che l'Amministrazione Militare, competente per territorio, riterrà opportuno impartire circa l'esecuzione dei lavori di bonifica, prevarranno su quelle del presente CSA-Parte B.

Le attività dovranno essere seguite anche da un operatore archeologico di provata esperienza, sotto la direzione scientifica della Soprintendenza archeologica del Piemonte.

Nel presente CSA-Parte B, vengono inserite anche le prescrizioni e gli oneri generali connessi alla realizzazione della bonifica da ordigni bellici con tecniche non convenzionali (es. asta liscia, scavo assistito), il cui utilizzo potrebbe rendersi necessario nel caso di presenza di terreni con caratteristiche ferromagnetiche tali da non rendere possibile l'esecuzione della bonifica stessa con tecniche standard (superficiale + profonda).

4.1 Indagini preliminari

Prima di procedere all'esplorazione del terreno per la ricerca degli ordigni bellici con i metodi e gli apparati certificati da GENIODIFE (Ministero della Difesa) e descritti nel seguito, l'Appaltatore è tenuto a realizzare una campagna di indagini geofisiche finalizzata alla individuazione di eventuali anomalie su cui concentrare la ricerca degli ordigni bellici con gli apparati certificati.

Tale attività è compensata con apposito prezzo a corpo, secondo le specifiche descritte nel capitolo 6.2.

4.2 Bonifica superficiale

Fatta salva ogni disposizione della Direzione Genio Militare, la bonifica superficiale verrà eseguita su tutta l'impronta di qualsiasi intervento ed opera, comprese le opere provvisorie e di cantiere.

4.3 Bonifica profonda

Secondo le disposizioni e le approvazioni del progetto (maglie di perforazione o altra metodologia) da parte della Direzione Genio Militare, la bonifica profonda verrà eseguita su tutta l'impronta di qualsiasi intervento ed opera eseguita in profondità quale:

- a) Paratie e diaframmi
- b) Pali
- c) Scatolari e cassoni
- d) Gallerie naturali
- e) Interventi di consolidamento (tiranti, bulloni, iniezioni)
- f) Scavi profondi
- g) Strumentazione di controllo (estensimetri, inclinometri, ecc.)

4.4 Bonifica eseguita mediante penetrometri con sonda magentica integrata (asta liscia)

Tale metodologia potrebbe essere applicata preventivamente alla realizzazione delle opere di sostegno provvisorie (paratie in diaframmi/pali e/o micropali per galleria, stazioni e pozzi - consolidamenti preventivi per la di realizzazione della galleria) lungo il perimetro di tali opere nelle aree considerate più a rischio ritrovamento ordigni bellici.

4.5 Bonifica eseguita mediante scavo assisto

Tale metodologia potrebbe essere applicata sia per la bonifica superficiale che per quella profonda nelle aree considerate più a rischio ritrovamento ordigni bellici preventivamente allo scavo delle opere a cielo aperto e/o in cut & cover.

5. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

L'effettuazione della "Bonifica da Ordigni Bellici", ove prevista, è da intendersi tassativamente propedeutica alla effettuazione di qualsiasi altra attività lavorativa.

Prima di dare corso alle attività di cantiere, l'Appaltatore dovrà richiedere, alla Direzione Genio Militare territorialmente competente, un parere sulla necessità di eseguire lavori di bonifica; tale richiesta dovrà essere corredata dalla documentazione atta ad individuare le aree interessate ed a definire la tipologia delle opere da realizzare su ciascuna area. Prima dell'inizio dei lavori di bonifica, l'Appaltatore dovrà richiedere ed ottenere le necessarie autorizzazioni e prescrizioni da parte della Direzione Generale Militare competente.

All'atto della richiesta di autorizzazione, l'Appaltatore dovrà segnalare/fornire all'Amministrazione Militare competente:

- la data di inizio lavori prevista;
- la planimetria delle zone da bonificare;
- l'elenco del personale tecnico specializzato BCM (dirigenti tecnici, assistenti tecnici, rastrellatori, operai qualificati);
- una copia dei brevetti, non scaduti, rilasciati dall'Amministrazione Militare, attestanti l'idoneità di tutto il personale specializzato in riferimento alla qualifica per la quale dovrà essere impiegato;
- l'elenco del personale ausiliario. Due giorni lavorativi prima dell'inizio delle attività, l'Appaltatore dovrà comunicare all'Amministrazione Militare:
- la data di inizio e la data di fine lavori prevista;
- l'elenco nominativo del personale che sarà effettivamente impiegato; tale elenco dovrà fare riferimento al documento di qualifica (brevetti) di cui al precedente punto;
- l'elenco del materiale e delle attrezzature di cui è previsto l'utilizzo. Durante il corso dei lavori, ed alla fine degli stessi, l'Appaltatore dovrà comunicare/consegnare all'Amministrazione Militare:
- l'elenco dell'eventuale nuovo personale da utilizzare sui lavori (nel rispetto delle disposizioni di cui ai precedenti punti);
- l'elenco degli ordigni rinvenuti nel corso dei lavori;
- la planimetria indicante le zone bonificate;
- la data di fine lavori;
- la "Dichiarazione a Garanzia" di avvenuta bonifica.

Copia di tutto quanto sopra dovrà essere contestualmente consegnato alla Direzione Lavori.

Giornalmente all'inizio dell'attività lavorativa, l'Appaltatore consegnerà alla Direzione Lavori l'elenco nominativo, con qualifica, del personale effettivamente presente ed operante in cantiere.

Per una certa e completa identificazione degli operai che saranno impiegati nei lavori, la Direzione Lavori potrà richiedere il certificato penale e quello di buona condotta e l'esibizione della carta di identità personale degli addetti ai lavori.

Il dirigente tecnico BCM designato dall'Appaltatore dovrà presenziare alla consegna dei lavori ed al rilascio delle prescrizioni da parte dell'Amministrazione Militare e dovrà controllare la regolarità dell'esecuzione.

Il coordinamento continuativo delle attività dovrà essere affidato ad un assistente tecnico BCM che dovrà essere presente nell'area di lavoro durante l'intero orario lavorativo di ciascuna giornata e che avrà la responsabilità della custodia e della regolare compilazione dei documenti di cantiere.

I lavori dovranno essere eseguiti con tutte le prescrizioni intese ad evitare danni alle persone ed alle cose, osservando, a tale scopo, le particolari norme tecniche specificate dall'Amministrazione Militare competente, nonché le vigenti prescrizioni di Pubblica Sicurezza per il maneggio, l'uso, il trasporto e la conservazione degli esplosivi, ed in particolare gli articoli 46 e 52 del Testo Unico delle leggi di Pubblica Sicurezza ed il relativo regolamento esecutivo del 18 Giugno 1931 n. 773 e leggi successive.

L'Appaltatore assumerà ogni e qualsiasi responsabilità, sia civile che penale, tanto nei riguardi del proprio personale quanto verso terzi, per danni di qualsiasi natura, comunque e dovunque derivanti dai lavori di bonifica oggetto della convenzione e solleverà perciò la Committente e gli organismi per conto di questa operanti, nella maniera più completa, dalle suddette responsabilità, anche nel caso in cui detti danni si fossero manifestati agendo nel completo rispetto della buona regola dell'arte e delle prescrizioni antinfortunistiche vigenti nonché di ogni altra disposizione particolare o generale prevista nel prescritto atto. L'Appaltatore, alla fine dei lavori dovrà rilasciare esplicita dichiarazione in bollo, su modulo fornito dalla Amministrazione Militare, per garantire la completa bonifica da mine e da altri ordigni esplosivi residuati bellici, di qualunque genere, della intera zona assegnata. La dichiarazione in argomento dovrà essere firmata dal Dirigente Tecnico che ha diretto i lavori e dal legale rappresentante dell'Appaltatore.

Tutte le disposizioni che venissero impartite direttamente dal personale dell'Amministrazione Militare dovranno essere portate a conoscenza della Direzione Lavori per eventuali commenti o benestare.

In considerazione del fatto che i suddetti lavori di bonifica tendono a tutelare la pubblica incolumità i lavori stessi saranno eseguiti in conformità della Circolare numero 300/46 del 24 Novembre 1952 del Ministero degli Interni.

L'Appaltatore è tenuto ad assicurare il necessario servizio di pronto soccorso agli operai per il caso di incidenti per scoppio di ordigni esplosivi, predisponendo un posto di pronto soccorso con infermiere ed autoambulanza, sempre presenti durante le ore di lavoro, e materiali sanitari sufficienti per un primo soccorso d'urgenza e per il trasporto dei feriti in un ospedale vicino, prestabilito in seguito a precisi accordi intervenuti fra l'Appaltatore e le locali Autorità. Copia dei sopracitati accordi dovrà essere inviata, per informazione, alla Direzione Lavori prima dell'inizio delle attività unitamente alla dislocazione sulle aree da bonificare dei posti di Pronto Soccorso all'uopo predisposti.

Le zone da bonificare dovranno essere opportunamente recintate e segnalate; sarà cura dell'Appaltatore richiedere l'intervento delle autorità preposte per i provvedimenti da adottare per la disciplina del transito nelle zone interessate dai lavori di bonifica.

Tutti i residuati bellici, di qualsiasi natura, rinvenuti appartengono e dovranno essere consegnati alla Amministrazione Militare.

Nel caso di lavori da eseguire su fondale marino, lacustre, alveo di fiume o comunque in presenza d'acqua, l'Appaltatore dovrà adeguare le attrezzature di ricerca e di servizio alla particolare tipologia dei luoghi.

Tutto il materiale proveniente dal taglio della vegetazione ed il materiale di risulta proveniente da scavi, trovanti, etc., dovrà essere trasportato a rifiuto nella discarica indicata dall'Appaltatore e accettata dalla Direzione Lavori; sarà cura dell'Appaltatore ottenere la disponibilità e l'autorizzazione delle necessarie discariche.

6. MATERIALI E MODALITA' ESECUTIVE

Le fasi di lavoro da svolgere per effettuare la bonifica sono le seguenti:

- Rimozione della vegetazione
- Indagini geofisiche preliminari
- Esplorazione del terreno
- Bonifica eseguita mediante penetrometri con sonda magnetica integrata (eventuale)
- Bonifica eseguita con scavo assistito (eventuale)
- Scavo per il recupero degli ordigni bellici

6.1 Rimozione della vegetazione

Ove necessario, prima di procedere alla ricerca degli ordigni bellici, si dovrà procedere alla rimozione della vegetazione.

Il taglio della vegetazione dovrà essere eseguito in tutte quelle zone ove la presenza della stessa ostacoli l'uso dell'apparecchio cercamine e sarà effettuato da operai qualificati BCM sotto il controllo di un rastrellatore.

Nel tagliare la vegetazione non dovranno essere esercitate pressioni sul terreno da bonificare e dovranno essere rispettate tutte le eventuali piante di alto fusto e tutte le "matricine" da lasciare in zona, salvo diverse disposizioni.

Il materiale di risulta verrà accatastato in zona già bonificata e successivamente trasportato a rifiuto.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati specifici, in particolare alla Cartella 4.8 "Indagini sul verde e alberate" ed al "Capitolato Speciale D'appalto - Parte B.4 - Ambiente ed Alberate: Descrizione Delle Lavorazioni, Specifiche Tecniche e Prescrizioni" dove sono specificati gli esemplari arborei da rimuovere.

6.2 Indagine geofisica preliminare

La campagna di carattere geofisico da eseguirsi preliminarmente alle attività di esplorazione con metodi e gli apparati certificati da indicati da GENIODIFE (Ministero della Difesa), dovrà essere condotta con l'impiego combinato di tre metodi di ricerca geofisici indiretti:

- Indagine elettromagnetica ad induzione (FDEM)
- Indagine georadar (groundpenetrating radar (GPR))
- Tomografia di resistività elettrica di superficie (ERT)

I tre sistemi saranno impiegati in successione partendo dall'indagine FDEM, successivamente si procederà con il georadar con particolare approfondimento su aree con evidenti anomalie registrate con il primo metodo. Con la applicazione sequenziale delle due metodologie, in analogia a quanto condotto nel campo prove eseguito nell'area della stazione Certosa, si dovrà restituire una mappa delle anomalie metalliche individuate nel sottosuolo fino ad una profondità di circa 7m dal piano campagna.

Successivamente alle indagini FDEM e GPR, si realizzerà l'indagine ERT per ottenere informazioni a profondità superiori estese sino a circa 11m dal piano campagna, in modo da determinare un modello elettrico tridimensionale della porzione indicata.

Per quanto riguarda l'indagine elettromagnetica ad induzione, si procederà con linee longitudinali di 70m, con una spaziatura di 1 m tra ogni linea.

I dati verranno elaborati in 2D con la restituzione di mappe di conducibilità, quadratura e fase.

Le aree acquisite con l'elettromagnetometro dovranno essere elaborate sul sito di intervento per il posizionamento dell'indagine georadar sulle anomalie principali riscontrate; tali dati verranno elaborati in 2D con l'indicazione dell'anomalia.

La tomografia di resistività elettrica di superficie (ERT) dovrà essere realizzata con linee da 70 metri con 1 metro di interspazio tra gli elettrodi, e 2 metri di spaziatura tra ogni linea. I dati acquisiti dovranno essere elaborati in 2D e "montati" con l'utilizzo di un software di grid 3D al fine di ottenere mappe di resistività in funzione della profondità.

E' onere dell'Appaltatore verificare, in contraddittorio con la DL, che gli interventi di consolidamento abbiano permesso il raggiungimento degli obiettivi (parametri del terreno consolidato previsti in progetto) secondo quanto derivato dal campo prove e dalle prescrizioni del presente capitolato; tale verifica potrà avvenire mediante carotaggi, prove di permeabilità in sito (Lefranc, Lugeon, ...), prove sismiche e/o tomografiche, osservazione diretta del trattamento o con altra modalità da concordarsi con la Direzione dei Lavori.

6.2.1 Indagine elettromagnetica ad induzione (FDEM)

È una tecnica di prospezione sviluppata per effettuare indagini non invasive in prossimità della superficie del terreno. Il principio di funzionamento risiede nella possibilità di generare campi magnetici parassiti di intensità misurabile da parte del terreno nel momento in cui all'interno dello stesso viene sollecitata la circolazione di un flusso di cariche (i.e. corrente elettrica) per induzione elettromagnetica da superficie. La tecnica prevede l'utilizzo di un'apposita strumentazione (elettromagnetometro o ground conductivity meter) costituita da due antenne (ricevente e trasmittente), solidali tra loro e poste ad una distanza fissa.

La prospezione ha carattere puntuale e viene effettuata per stazioni successive trascinando la sonda lungo dei profili di indagine prefissati in modo tale da investigare aree di interesse. In ciascuna stazione di misura, una corrente alternata fatta circolare all'interno della bobina trasmittente genera un campo magnetico primario di direzione e intensità note, il quale induce nelle porzioni conduttive del terreno una forza elettromotrice, con conseguente circolazione di correnti elettriche parassite nel terreno. Alla circolazione di

tali correnti è associato un campo magnetico parassita, o secondario (indotto), il quale contribuisce al campo magnetico totale in sovrapposizione del campo primario (artificiale).

La variazione del campo totale è registrata in termini di tensioni indotte all'interno la bobina ricevente, consentendo di stimare l'intensità del campo magnetico secondario generato dal terreno.

Generalmente, il campo totale misurato è fuori-fase rispetto al campo primario e, in termini di segnale, contiene componenti in quadratura ed in fase con lo stesso. Utilizzando frequenze tra 1 e 16 kHz e con un opportuna disposizione geometrica delle bobine è possibile effettuare una stima della conducibilità elettrica apparente (mS/m) per un terreno omogeneo, espressa come funzione del rapporto tra la componente in quadratura di fase del campo secondario e del campo primario e visualizzabile in tempo reale attraverso un display.

La strumentazione proposta opera contemporaneamente su n° 3 frequenze (5, 10 e 15 kHz) e configurazione Vertical Dipole Mode (VDM), per una profondità massima di investigazione (indicativa) pari a 6.0 m - 8.0 m dal piano campagna.

6.2.2 Georadar (GPR)

E' un sistema di prospezione elettromagnetica che sfrutta le proprietà di propagazione delle onde EM per localizzare oggetti, determinarne velocità, forma e le dimensioni. La tecnica garantisce in funzione delle caratteristiche elettromagnetiche del terreno da investigare e su superfici di acquisizione piane e poco accidentate, elevata risoluzione abbinata a grande velocità e semplicità di acquisizione. Le frequenze utilizzate variano da 10MHz fino oltre 1200 MHz a cui corrispondono lunghezze d'onda in aria tra 30 m e 0.25 m. In linea generale, la risoluzione verticale teorica minima dell'indagine (i.e. dimensioni minime di un target rilevabile) è, a parità di caratteristiche dei terreni attraversati, proporzionale alla frequenza centrale utilizzata (maggiore risoluzione ad alta frequenza di utilizzo). Al contrario, la profondità di investigazione utile è inversamente proporzionale a tale frequenza (maggiore profondità di esplorazione a bassa frequenza di utilizzo).

La strumentazione proposta ha frequenze centrate su 300 e 800 MHz e profondità di indagine di 6-8m dal piano campagna.

6.2.3 Tomografia Elettrica (ERT)

La tomografia ha come obiettivo la costruzione di un modello elettrico bidimensionale o tridimensionale del sottosuolo effettuando delle misure di potenziale elettrico in seguito all'immissione di corrente elettrica nel sottosuolo. Il parametro misurato è la resistività elettrica in Ohm·m, UXO di tipo metallico ha una resistività inferiore a 1 Ohm/m e in netto contrasto rispetto al materiale circostante (host) che è costituito da sabbie e ghiaie con un range nominale di 30-225 Ohm/m e per materiali con prevalentemente ghiaiosi si arriva, in condizioni non sature, a circa 1400 Ohm/m. Dal modello geofisico, con opportune tarature e/o in base alle conoscenze geologiche del sottosuolo, si elabora un modello geo-litologico, in particolare è possibile discriminare i depositi ghiaiosi da quelli sabbiosi e la presenza di materiali cementati. La profondità di indagine raggiunta è mediamente pari a 1/6 della lunghezza dello stendimento.

La strumentazione proposta dispone di 70 elettrodi e sequenza o array principale di acquisizione dipolo-dipolo che offre una migliore copertura e sensibilità laterale; tuttavia qualora la misura dipolo-dipolo risultasse rumorosa verrà anche acquisito il Wenner-Schlumberger perché più stabile in condizioni rapporto segnale rumore svantaggioso. Profondità massima di indagine per entrambi gli arrays 11-12 metri dal piano campagna.

6.3 Esplorazione del terreno

A seguito della campagna preliminare eseguita con indagini geofisiche, la ricerca degli ordigni bellici dovrà essere effettuata con l'impiego di idonei apparecchi cercamine.

Il terreno da esplorare dovrà essere convenientemente frazionato in modo da avere la massima garanzia di completezza dell'esplorazione.

Le modalità di ricerca dovranno essere conformi alle prescrizioni in materia emanate dalla Amministrazione Militare e dovranno essere concordate con l'Autorità territorialmente competente.

L'attività di ricerca sarà suddivisa nelle seguenti tre fasi:

- esplorazione del piano soggetto a bonifica, nella sua consistenza al momento della esecuzione dei lavori, con cercamine selettivo fino a cm 30 di profondità tipo S.C.R. 625;

- esplorazione del piano soggetto a bonifica con cercamine tipo Forster per la ricerca e localizzazione di masse ferrose fino alla profondità di cm 100;
- esplorazione e localizzazione in profondità eseguita per strati successivi, non superiore a 1 metro, previa bonifica dello strato da sbancare, o mediante esecuzioni di perforazioni verticali con l'impiego di apposito apparecchio di ricerca.

La ricerca con cercamine selettivo fino a 30 cm dovrà essere eseguita solo se specificatamente richiesta dall'Amministrazione Militare; in caso contrario l'esplorazione sarà iniziata con il cercamine tipo Forster.

La ricerca in profondità dovrà essere eseguita quando richiesta dai documenti di progetto e/o dall'Amministrazione Militare.

La ricerca in profondità dovrà essere eseguita in stretto accordo alle modalità prescritte dall'Amministrazione Militare ed in ogni caso potrà avere inizio soltanto dopo che le masse ferrose localizzate con le precedenti fasi siano state rimosse.

Tutte le masse ferrose localizzate dovranno essere riportate su una planimetria indicando le coordinate planimetriche e la profondità rispetto al piano di campagna; tale planimetria sarà utilizzata per la successiva fase di recupero.

Le masse ferrose localizzate nel corso dell'esplorazione dovranno altresì essere identificate in sito mediante idonee ed evidenti segnalazioni.

6.4 Bonifica eseguita mediante penetrometri con sonda magnetica integrata (eventuale)

Tale metodologia prevede l'impiego di un penetrometro munito di punta conica con integrato un sensore magnetometrico tri-direzionale in grado di rilevare chiaramente e registrare la variazione di campo magnetico indotta dalla presenza di masse metalliche nel sottosuolo, consentendo l'arresto in sicurezza, in automatico ovvero manuale da parte dell'operatore, del sistema, prima che la punta conica venga a contatto con le predette masse. Il penetrometro deve essere azionato da un sistema di tipo oleodinamico capace di fare avanzare la punta conica nel terreno a velocità costante, in maniera da non indurre vibrazioni.

Tale procedura può essere applicata predisponendo una maglia di sondaggio con distanza tra le perforazioni indicativamente 0,3m x 0,3m, comunque tale da essere inferiore rispetto alla comprovata capacità della sonda magnetometrica in relazione alla particolare tipologia del terreno oggetto di indagine.

Essendo tale tecnica limitatamente invasiva, riducendo l'interasse tra le perforazioni e la sensibilità della sonda magnetometrica, è particolarmente idonea per l'impiego nelle adiacenze di strutture inamovibili contenenti intelaiature metalliche che possano dare origine ad interferenze ferromagnetiche a priori non differenziabili da quelle prodotte da un eventuale ordigno bellico interrato.

6.5 Bonifica eseguita con scavo assistito (eventuale)

Tale metodologia viene applicata in terreni caratterizzati dalla presenza diffusa di anomalie magnetiche che rendono scarsamente efficace i sistemi dei fori trivellati.

A seconda della tipologia di opere da realizzare, lo scavo potrà essere a sezione aperta (o di sbancamento) oppure a sezione obbligata (o di trincea).

Lo scavo, sempre preceduto dalla bonifica superficiale, dovrà essere eseguito per strati successivi di spessore non superiore all'accertata capacità di indagine dell'apparato di ricerca utilizzato, in relazione alla particolare natura del terreno ove si opera, mediante impiego di idonei mezzi meccanici muniti di benna liscia, con movimento lento e continuo pronto ad essere arrestato alla minima resistenza.

Prima di passare alla rimozione dello strato successivo il terreno del fondo scavo dovrà essere sempre sottoposto a preliminarmente a bonifica superficiale.

L'avanzamento della benna del mezzo meccanico sul terreno dovrà essere controllato a vista da un rastrellatore posto a terra ed in contatto visivo con l'operatore del mezzo in maniera tale da potere arrestare le operazioni in caso di contatto con qualsiasi oggetto metallico non preventivamente localizzato con l'apparato di ricerca.

Per maggiore sicurezza, il terreno asportato durante lo scavo sarà collocato in area già controllata oppure al di fuori dall'area da bonificare e verificato con apparato di ricerca prima di essere riutilizzato ovvero trasportato presso altro sito o a discarica.

6.6 Scavo per il recupero degli ordigni bellici

Gli scavi finalizzati al recupero delle masse ferrose individuate con le fasi di ricerca superficiale dovranno essere effettuati esclusivamente a mano con precauzione ed attrezzature adeguate alla particolarità ed ai rischi della operazione.

Gli scavi finalizzati al recupero delle masse ferrose profonde potranno essere effettuati con mezzi meccanici con azionamento oleodinamico fino ad una quota un metro più elevata di quella della massa ferrosa da rimuovere (e comunque per strati non superiori a 70/80 cm per volta), la restante parte dello scavo dovrà essere eseguita a mano. Gli scavi di sbancamento di strati già bonificati, per effettuazione di ricerche a strati successivi, previa approvazione dell'Amministrazione Militare, potranno essere eseguiti con mezzi meccanici. Tutti gli scavi dovranno essere effettuati sotto la sorveglianza di un assistente tecnico BCM o di un rastrellatore BCM.

Ove necessario l'Appaltatore dovrà provvedere a sbadacchiare od armare le pareti degli scavi e dovrà altresì provvedere all'aggottamento e/o regolamentazione delle acque meteoriche o di falda.

Tutte le aree scavate, al termine della bonifica, dovranno essere convenientemente rinterrate, con materiale proveniente dagli scavi o di fornitura dell'Appaltatore, per ripristinare il preesistente stato dei luoghi.

7. SPECIFICHE RELATIVE AGLI APPARATI DI RICERCA ED AL LORO IMPIEGO

Gli apparati di ricerca utilizzati, rispondenti alle caratteristiche tecniche definite da GENIODIFE (Ministero della Difesa) con apposite direttive, dovranno essere in grado di rilevare efficacemente, mediante chiari segnali acustici e strumentali, la presenza nel terreno di oggetti metallici, quali mine, ordigni, bombe, proiettili, residuati bellici di ogni genere e tipo, interi o loro parti, alle profondità stabilite per ogni attività sopra indicata.

Gli apparati di ricerca, normalmente, si distinguono in:

- Rilevatori di metalli ad induzione elettromagnetica (Active Metal Detector), sono apparati in grado di rilevare la presenza di oggetti metallici, anche non ferrosi, a profondità limitata, normalmente entro cm. 30 dal piano di campagna, di conseguenza possono essere impiegati solo in caso di infestazione superficiale del terreno.
- Magnetometri (Passive Metal Detector), sono apparati che sfruttano la variazione del campo magnetico terrestre causata dalla presenza nel terreno di oggetti metallici e sono in grado di rilevarne la presenza anche in profondità. La loro portata normalmente varia in funzione della tipologia del terreno e della massa dell'oggetto da individuare, per cui è necessario procedere alla loro taratura mediante l'uso di una massa campione.

Al riguardo, si precisa che ciascuna delle succitate tipologie di apparati presenta una serie di capacità ma anche di limitazioni, in funzione, oltre che del materiale costituente l'ordigno, anche della composizione mineralogica e dell'umidità del terreno, tali da rendere difficile definire in maniera precisa la profondità di esplorazione che sono in grado di esprimere.

Pertanto, sarà cura dell'organo esecutivo periferico territorialmente competente in materia di Bonifica Bellica effettuare congiuntamente alla Ditta Incaricata una serie di prove mirate a determinare la capacità degli apparati di ricerca utilizzati in relazione alla tipologia del terreno dell'area da bonificare.

8. CONTROLLI DI QUALITA' E COLLAUDO

Il collaudo dei lavori di bonifica verrà eseguito secondo le modalità prescritte dall'Amministrazione Militare.

Resta inteso che al collaudo tecnico procederà l'Amministrazione Militare, dietro richiesta dell'Appaltatore da formularsi, entro un mese dalla data di ultimazione accertata con relativa dichiarazione dell'Appaltatore (v. par. "Prescrizioni ed Oneri"), d'intesa con il Collaudatore incaricato dalla Committente.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.1
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI - OPERE CIVILI**

SEZIONE 2:

RILIEVI E TRACCIAMENTI

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. E. Cadamuro		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B.1
Sezione n. 2: Rilievi e tracciamenti

INDICE

1.	DEFINIZIONI.....	3
2.	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	3
3.	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	3
4.	MATERIALI E STRUMENTAZIONE	4
4.1	Vertici.....	4
4.2	Poligonali di precisione	4
4.3	Poligonali secondarie	4
4.4	Livellazioni di precisione.....	4
4.5	Livellazioni tecniche.....	5
4.6	Rilievi planoaltimetrici	5
4.7	Tracciamenti planoaltimetrici.....	5
5.	MODALITA' DI ESECUZIONE	5
5.1	Vertici.....	5
5.2	Poligonali di precisione	5
5.2.1	Scelta dei vertici di partenza e controllo della conformità degli stessi.....	5
5.2.2	Posizionamento e materializzazione dei nuovi vertici.....	5
5.2.3	Azimut di direzione e orientamento iniziale	6
5.2.4	Modalità di lettura strumentale e tolleranze	6
5.2.5	Registrazioni delle misure	6
5.2.6	Compensazione ed elaborazione dati	6
5.2.7	Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi.....	6
5.2.8	Elaborati poligonali di precisione	7
5.3	Poligonali secondarie	7
5.3.1	Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi	7
5.3.2	Posizionamento e materializzazione dei nuovi capisaldi	7
5.3.3	Azimut di direzione e orientamento iniziale	7
5.3.4	Modalità di lettura strumentale e tolleranze	7
5.3.5	Registrazioni delle misure	8
5.3.6	Compensazione ed elaborazione dati	8
5.3.7	Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi.....	8
5.3.8	Elaborati poligonali secondarie	8
5.4	Livellazioni di precisione.....	8
5.4.1	Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi	8
5.4.2	Posizionamento e materializzazione dei nuovi capisaldi	8
5.4.3	Modalità di lettura strumentale e tolleranza	8
5.4.4	Registrazione delle misure	9
5.4.5	Compensazione ed elaborazione dati	9
5.4.6	Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi.....	9
5.4.7	Elaborati livellazioni di precisione	9
5.5	Livellazioni tecniche.....	9
5.5.1	Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi	9
5.5.2	Posizionamento e materializzazione dei nuovi capisaldi	10
5.5.3	Modalità di lettura strumentale e tolleranze	10
5.5.4	Registrazione delle misure	10
5.5.5	Compensazione di elaborazione dati	10
5.5.6	Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi.....	10
5.5.7	Elaborati livellazioni tecniche.....	10
5.6	Rilievi planoaltimetrici	10
5.6.1	Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi	10

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B.1
 Sezione n. 2: Rilievi e tracciamenti

5.6.2	Orientamento iniziale	10
5.6.3	Modalità di lettura strumentale e tolleranze, registrazione delle misure, elaborazione dati	11
5.6.4	Elaborati rilievi planoaltimetrici.....	11
5.7	Tracciamenti planoaltimetrici.....	12
5.7.1	Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi	12
5.7.2	Orientamento iniziale	12
5.7.3	Calcolo dei valori di tracciamento	12
5.7.4	Modalità di tracciamento e tolleranze	12
5.7.5	Elaborati tracciati planoaltimetrici.....	12
5.7.6	Squadra topografica	12
6.	IL RILIEVO DELLE OPERE STRUTTURALI DESTINATE A RICEVERE LE ATTREZZATURE DEL SISTEMA	13
6.1	Generalità.....	13
6.1.1	Oggetto delle specifiche	13
6.1.2	Opere considerate.....	13
6.1.3	Principi generali dei Rilievi topografici all'interno delle Opere civili (RIO)	13
6.1.4	Precisione dei rilievi.....	13
6.1.5	Correlazioni tra i rilievi ed il tracciato teorico	13
6.2	Installazione dei capisaldi della poligonale.....	14
6.2.1	Linea	14
6.2.2	Stazioni	14
6.3	Rilievi topografici all'Interno delle Opere civili (RIO)	14
6.3.1	Elementi da fornire.....	14
6.3.2	Correlazione tra rilievi e tracciato teorico	14
6.3.3	Punti da rilevare, risultati da fornire	14
6.3.4	Tracciato	15
6.3.5	Altre sezioni (pozzi di aggettamento e di ventilazione, vasche di accumulo acque, nicchie, banchine laterali pozzo terminale, ecc.).....	16
7.	CONTROLLI DI QUALITA'	18
7.1	Controlli generali	18
7.2	Qualificazione e controlli sul personale.....	18
7.3	Controlli sulle attrezzature e documentazioni.....	18
7.4	Controlli in corso d'opera	18

1. DEFINIZIONI

La presente sezione ha lo scopo di descrivere e standardizzare le fondamentali operazioni che si andranno a svolgere, nei vari cantieri:

- acquisizione dei dati della livellazione base di progetto
- materializzazione dei vertici
- poligonali di precisione
- poligonali secondarie
- livellazione di precisione
- livellazioni tecniche
- rilievi planoaltimetrici
- tracciati planoaltimetrici.

2. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Le operazioni topografiche sono rivolte essenzialmente all'esecuzione di rilievi planoaltimetrici ed al posizionamento di opere d'arte.

Nello svolgimento delle attività potranno essere presenti contemporaneamente più operazioni fra quelle indicate, scelte secondo le necessità operative ed i criteri di buona esecuzione ed espletate nel rispetto delle tolleranze di seguito descritte.

Le operazioni di rilievo e tracciamento saranno quindi supportate da livellazioni di precisione e/o tecniche e da poligonali di precisione e/o secondarie.

Prima di iniziare i lavori di sterro e riporto l'Appaltatore è obbligato ad eseguire la picchettazione completa del lavoro, e nel caso in cui ai lavori in terra siano connesse opere murarie o in calcestruzzo, dovrà procedere al tracciamento di esse con l'obbligo della conservazione, in entrambi i casi, dei capisaldi di partenza. Detti capisaldi, la cui ubicazione dovrà essere approvata dalla Direzione Lavori, dovranno essere correlati con la rete geodetica nazionale dell'I.G.M.I. e con quella utilizzata per la redazione della cartografia del progetto affidato.

Essi costituiranno la base per tutti i lavori topografici in fase di costruzione.

Resta inteso che particolari operazioni dettate dall'aspetto esecutivo delle varie opere (ad esempio conduzione delle frese con laser o distanziometri elettronici motorizzati intertracciati con opportuni software, valutazione dei cedimenti delle centine ecc.) seppur fondamentalmente legate alle tolleranze ed alle modalità operative delle operazioni di seguito descritte, andranno valutate di caso in caso e supportate con integrazioni al presente documento fornite dall'Appaltatore e soggette all'approvazione della Direzione Lavori.

3. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

- a) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere a quanto necessario affinché tutte le Imprese operanti si avvalgano e facciano riferimento ad un'unica rete di capisaldi in tutte le fasi di realizzazione del progetto (indagini, ingegneria, costruzioni, controlli).
- b) L'Appaltatore è obbligato a recepire la livellazione base assunta dal progetto.
- c) Sarà cura dell'Appaltatore l'esecuzione di un rilievo di dettaglio delle opere esistenti relative al salto di montone della galleria di linea nell'area di confine con l'inizio del lotto esecutivo in oggetto in modo da validare, nella suddetta area, il tracciamento delle nuove opere del prolungamento
- d) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere a quanto necessario ad evitare manomissioni del reticolo di capisaldi. Nel caso in cui, per esigenze di lavoro o in conseguenza di avvenimenti (anche non dipendenti dall'Appaltatore) di qualsiasi natura, il reticolo (o singoli capisaldi) risultassero manomessi, sarà cura dell'Appaltatore provvedere ai necessari ripristini.
- e) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alla installazione delle modine necessarie a definire con la massima precisione il profilo delle scarpate di scavi e rilevati.
- f) Sarà cura dell'Appaltatore, ove richiesto, mettere a disposizione della Direzione Lavori del Committente la documentazione, la strumentazione e il personale tecnico e ausiliario necessari per la effettuazione dei rilievi che la stessa ritenesse opportuni per eventuali controlli in fase di costruzione.

- g) La correttezza dei rilievi in corso d'opera e dei tracciamenti delle opere rimane responsabilità dell'Appaltatore che dovrà, comunque, dimostrare la correttezza a semplice richiesta della Direzione Lavori.
- h) Sarà cura dell'Appaltatore la Posa in opera un sistema di riferimento topografico inamovibile necessario per la successiva picchettazione e tracciamento della via di corsa da parte della società esecutrice del Sistema secondo le indicazioni fornite dal D.L. e comunque in misura non inferiore ad un riferimento ogni 20 metri in rettilineo e ad ogni 10 metri in curva.

4. MATERIALI E STRUMENTAZIONE

Tutta la strumentazione deve essere verificata prima dell'inizio delle operazioni di tracciamento. La Direzione Lavori si riserva di chiedere all'Appaltatore la presentazione dei certificati di taratura della strumentazione rilasciati da laboratori riconosciuti idonei dalle due parti e subito antecedenti l'inizio delle attività topografiche date in appalto.

4.1 Vertici

I vertici dovranno essere realizzati con pilastrini di calcestruzzo, dovranno essere fissi ed avere ben visibile sulla parte superiore una borchia metallica con l'indicazione del numero del vertice o caposaldo e dell'Ente (la Committente).

4.2 Poligonali di precisione

Possono essere utilizzati teodoliti che consentano la lettura angolare non superiore ai due secondi centesimali, accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a \pm mm 3 + 2 pmm. In alternativa sarà possibile utilizzare total station con prestazioni analoghe.

Giornalmente si dovrà verificare che l'indice zenitale presenti un errore di posizione inferiore a 20 secondi centesimali e che le funzioni di correzione automatica per la curvatura terrestre, altitudine media e indice di rifrazione siano impostate correttamente. In zone con manifesti ed insormontabili ostacoli alla visibilità sarà possibile ricorrere all'uso di apparecchiature GPS.

La strumentazione deve essere verificata prima dell'inizio delle operazioni di tracciamento. La Direzione Lavori si riserva di chiedere all'Appaltatore la presentazione dei certificati di taratura della strumentazione rilasciati da laboratori riconosciuti idonei dalle due parti e subito antecedenti l'inizio delle attività topografiche date in appalto.

4.3 Poligonali secondarie

Per tutti i lavori di poligonazione secondaria potranno essere utilizzati teodoliti con s.q.m. non superiore ai dieci secondi centesimali accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a \pm mm 5+5 ppm o, in alternativa, total station di prestazioni analoghe. Giornalmente si dovrà verificare che l'indice zenitale presenti un errore di posizione inferiore ai 20 secondi centesimali e che le funzioni di correzione automatica per la curvatura terrestre, altitudine media e indice di rifrazione siano impostate correttamente.

La strumentazione deve essere verificata prima dell'inizio delle operazioni di tracciamento. La Direzione Lavori si riserva di chiedere all'Appaltatore la presentazione dei certificati di taratura della strumentazione rilasciati da laboratori riconosciuti idonei dalle due parti e subito antecedenti l'inizio delle attività topografiche date in appalto.

4.4 Livellazioni di precisione

Il livello impiegato nella livellazione dovrà avere: micrometro a lastra piana - parallela per la misura diretta delle frazioni di graduazione della stadia, ingrandimento non inferiore a 30x, livella con centramento a coincidenza di sensibilità non inferiore a 30" per 2 mm di spostamento o compensatore autolivellante che assicuri una precisione della linea di mira non inferiore a 0,4", stato di rettifica verificato giornalmente prima dell'inizio dei lavori. Potranno essere utilizzati livelli elettronici con registratore automatico dei dati purché assicurino prestazioni equivalenti. Le coppie di stadiie dovranno avere graduazione centimetrata o mezzo - centimetrata su nastro di acciaio sottoposto a tensione costante, lunghezza di un solo pezzo, bolla che ne permette la posa verticale con l'approssimazione di qualche primo, puntale d'appoggio sui capisaldi sferici, piastra trasportabile per le battute intermedie di peso e stabilità sufficiente.

La Direzione Lavori si riserva di chiedere all'Appaltatore la presentazione dei certificati di taratura della strumentazione rilasciati da laboratori riconosciuti idonei dalle due parti e subito antecedenti l'inizio delle attività topografiche date in appalto.

4.5 Livellazioni tecniche

La livellazione verrà eseguita utilizzando un livello con ingrandimento non inferiore a 30 x, livella con centramento a coincidenza di sensibilità non inferiore a 30" per 2 mm di spostamento o compensatore autolivellante che assicuri una precisione della linea di mira non inferiore a 0,4", stato di rettifica verificato giornalmente prima dell'inizio dei lavori. Potranno essere utilizzati livelli elettronici con registratore automatico dei dati purché assicurino prestazioni equivalenti.

Per livellazioni tecniche che necessitino di strumenti o procedure differenti andrà richiesta apposita autorizzazione alla Direzione Lavori (per tipologia di situazioni) specificando i motivi e l'ambito di applicazione.

La coppia di stadie dovrà avere graduazione centimetrata su legno o metallo o fibra di vetro e livella sferica per la posa verticale.

4.6 Rilievi planoaltimetrici

Per tutti i lavori di rilievo planoaltimetrico potranno essere utilizzati teodoliti con s.q.m. non superiore ai quindici secondi centesimali accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a \pm mm 5+5 ppm o, in alternativa, total station di prestazioni analoghe. Giornalmente si dovrà verificare che l'indice zenitale presenti un errore di posizione inferiore ai 20 secondi centesimali e che le funzioni di correzione automatica per la curvatura terrestre, altitudine media e indice di rifrazione siano impostate correttamente.

Per quanto riguarda i livelli valgono le prescrizioni date al paragrafo: "Livellazioni tecniche".

Per il rilievo di particolari o di manufatti in genere potranno essere utilizzati nastri metallici centimetrati, canne metriche o metri.

4.7 Tracciamenti planoaltimetrici

Vale quanto riportato al paragrafo "Poligonali di precisione (cap. 5.2)".

5. MODALITA' DI ESECUZIONE

5.1 Vertici

È obbligo dell'Appaltatore lo studio, il posizionamento e la realizzazione, partendo da punti di riferimento noti e ben visibili sul territorio, di un reticolo di vertici da utilizzare per i tracciamenti e/o per i controlli planoaltimetrici delle opere da eseguire; quanto sopra si intende applicabile a partire dalle attività connesse con la campagna geotecnica.

Per ogni vertice deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee a permettere di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio.

E' obbligo dell'Appaltatore il reperimento di tutti i dati di partenza per l'esecuzione dei reticoli dei vertici.

5.2 Poligonali di precisione

5.2.1 Scelta dei vertici di partenza e controllo della conformità degli stessi

Si assumeranno come vertici di partenza quelli delle reti principali e di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza, tramite triangolazioni di precisione, verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie.

Nell'eventualità che si sia verificato un danneggiamento o una rimozione, tale vertice verrà scartato riferendosi ad un altro oppure, si controllerà che il vertice venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un vertice di nuova creazione.

5.2.2 Posizionamento e materializzazione dei nuovi vertici

La materializzazione dei vertici della rete di raffittimento delle poligonali verrà realizzata mediante centrini metallici a testa sferica punzonata, realizzati in metallo (o lega metallica) anticorrosivo che porteranno incisi sulla base la scritta che sarà indicata dalla Direzione Lavori, murati su manufatti in cls di opportuna stabilità

(es. murette, fondazioni, pilastri di nuova costruzione di dimensioni cm 40x40 e profondità minima di cm 80 fondati direttamente nel terreno) e protetti, ove necessari, in pozzetti, con piastra metallica di chiusura ricavati nei manufatti in cls o murati su roccia affiorante. Potranno essere inoltre utilizzate mensole e piastre in acciaio per il centramento forzato debitamente fissate ai paramenti di galleria o ai manufatti in cls.

L'identificazione dei nuovi punti avverrà tramite targhette metalliche poste in corrispondenza degli stessi al paramento di galleria o nelle adiacenze per quelli esterni o tramite chiodi infissi nel cls o punzonatura del centrino.

Dette targhette dovranno riportare in maniera indelebile, il numero di identificazione del punto e, se in galleria, anche la progressiva.

5.2.3 Azimut di direzione e orientamento iniziale

Ove possibile, per il vertice iniziale e quello finale della poligonale verrà calcolato l'azimut di direzione ad almeno tre, e comunque non meno di due vertici della rete di raffittimento. L'orientamento avverrà al vertice più lontano dal punto di stazione e si controllerà la veridicità dell'operazione attraverso l'orientamento ai vertici più vicini.

L'angolo di orientamento sarà rilevato effettuando almeno sei insiemi di letture angolari con il metodo delle direzioni isolate, differenziando se necessario l'orario delle osservazioni.

5.2.4 Modalità di lettura strumentale e tolleranze

I lati della poligonale dovranno avere possibilmente lunghezza costante, compresa fra 300 e 1.000 m; la poligonale non potrà avere sviluppo complessivo superiore a 10 km e non più di 20 vertici di stazione.

Gli angoli azimutali e zenitali verranno determinati attraverso almeno sei strati di letture. Lo scarto massimo fra i valori angolari dei vari strati non dovrà essere superiore ai dodici secondi centesimali.

Le osservazioni che superino tali valori andranno ripetute.

Le tolleranze per l'esecuzione di poligonali o intersezioni multiple per la determinazione di nuovi punti trigonometrici atti all'inquadramento topografico delle stazioni per il tracciamento delle opere saranno le seguenti:

tolleranza angolare $\Delta\alpha = 0^{\circ} .0012 \times \sqrt{n}$ dove n è il numero dei vertici;

tolleranza lineare $\Delta L = 0.009 \times \sqrt{\sum l}$ (km) + 0.003 n + 0.002 x $\sum l$ (km) dove $\sum l$ è la sommatoria della lunghezza dei lati ed n è il numero dei vertici.

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale dovrà essere ottenuta mediante livellazione geometrica di precisione.

5.2.5 Registrazioni delle misure

Prima dell'inizio dei lavori verrà predisposto un adeguato numero di libretti di misura, che dovranno essere firmati e numerati dal responsabile della topografia dell'Appaltatore numerando progressivamente le pagine ed i libretti stessi e vistati dalla Direzione Lavori

Sui libretti, riempiti senza pagine bianche, i dati dovranno essere riportati dall'Appaltatore in maniera indelebile e senza cancellazioni invisibili.

Nel caso di registrazione con supporti magnetici o registratori dati la memorizzazione avverrà di norma per punti con record a lunghezza fissa contenenti i dati di campagna. In quest'ultimo caso i dati registrati andranno stampati a fine giornata di misure e dovrà essere predisposta una copia di sicurezza degli stessi su supporto digitale che verrà fornito dall'Appaltatore alla Direzione Lavori

5.2.6 Compensazione ed elaborazione dati

I dati rilevati per il calcolo delle coordinate planimetriche dei punti di stazione saranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e di calcolo.

5.2.7 Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi

Per la poligonale di precisione è necessario che l'Appaltatore predisponga (e fornisca alla Direzione Lavori) le monografie dei vertici che dovranno contenere:

- coordinate rettilinee
- schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti caratteristici stabili e facilmente individuabili sul terreno; in galleria invece verrà indicata la progressiva

- schizzo prospettico o fotografia
- quota del vertice
- data di materializzazione
- numerazione del vertice.

5.2.8 Elaborati poligonali di precisione

Per le varie attività verrà predisposta dall'Appaltatore (e fornita alla Direzione Lavori) la seguente documentazione cartacea e su supporto magnetico.

- grafico su apposita cartografia
- monografie dei capisaldi di partenza
- monografie dei nuovi capisaldi
- libretti di misura o files di campagna
- calcolo dell'orientamento iniziale e della compensazione
- riepilogo delle coordinate risultanti per i capisaldi.

5.3 Poligonali secondarie

5.3.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi

Si assumeranno come vertici di partenza i capisaldi delle reti GPS principale e di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie o schizzi descrittivi. Nell'eventualità che si sia verificato un danneggiamento o una rimozione questo caposaldo verrà scartato riferendosi ad un altro oppure si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

5.3.2 Posizionamento e materializzazione dei nuovi capisaldi

La materializzazione dei vertici delle poligonali secondarie e delle stazioni di rilevamento e tracciamento avverrà mediante centrini realizzati in metallo (o lega metallica) anticorrosivo, con inciso alla base l'identificativo alfanumerico e murati su manufatti in cls di buona stabilità, picchetti in legno di dimensioni adeguate muniti di chiodo di stazione o tondini di ferro punzonati debitamente infissi nel terreno, chiodi murati su manufatti in cls o su roccia affiorante.

5.3.3 Azimut di direzione e orientamento iniziale

Ove possibile, per il vertice iniziale e quello finale della poligonale verrà calcolato l'azimut di direzione ad almeno tre, e comunque a non meno di due, vertici della rete di raffittimento. L'orientamento avverrà al caposaldo più lontano dal punto di stazione e si controllerà la veridicità dell'operazione attraverso l'orientamento ai capisaldi più vicini. L'angolo di orientamento sarà rilevato effettuando almeno quattro insiemi di lettura angolari con il metodo delle direzioni isolate, differenziando se necessario l'orario delle osservazioni.

5.3.4 Modalità di lettura strumentale e tolleranze

I lati della poligonale dovranno avere possibilmente lunghezza costante compresa tra i 150 e 500 metri; la poligonale non potrà avere sviluppo complessivo superiore ai 3 Km e non più di 15 stazioni.

Gli angoli azimutali e zenitali verranno determinati attraverso almeno tre strati di letture.

Lo scarto massimo tra i valori angolari dei vari strati non dovrà essere superiore a venti secondi centesimali. Le osservazioni che superino tali valori andranno ripetute.

Le tolleranze per l'esecuzione di poligonali secondarie e intersezioni multiple per la determinazione di nuovi punti trigonometrici atti all'esecuzione di rilievi celerimetrici ed al tracciamento delle opere saranno le seguenti:

- Tolleranza angolare $\Delta\alpha = 0^{\circ}.0020 \times \sqrt{n}$ dove n è il numero dei vertici della poligonale;
- Tolleranza lineare $\Delta L = 0.015 \times \sqrt{\sum l}$ (Km) + 0.005 x n + 0.005 x $\sum l$ (km) dove $\sum l$ è la sommatoria della lunghezza dei lati ed n il numero dei vertici della poligonale.

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale sarà ottenuta secondo una delle due procedure seguenti:

- Determinando il dislivello tra le successive coppie di punti con osservazioni zenitali, effettuando la collimazione reciproca e mediando successivamente i valori calcolati in andata e ritorno. Verranno eseguiti almeno quattro strati di lettura per ogni punto collimato e gli angoli ottenuti, per essere mediabili dovranno presentare uno scarto inferiore a venti secondi centesimali

- Mediante livellazione tecnica.

5.3.5 RegISTRAZIONI delle misure

Vale quanto riportato al par. 5.2.5

5.3.6 Compensazione ed elaborazione dati

I dati rilevati per il calcolo delle coordinate planimetriche dei punti di stazione saranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e di calcolo.

5.3.7 Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi

Per i vertici delle poligonalie secondarie se necessario l'Appaltatore predisporrà (e fornirà alla Direzione Lavori) uno schizzo planimetrico atto a permetterne l'identificazione, questo dovrà contenere:

- coordinate rettilinee;
- distanza del vertice da almeno tre punti caratteristici, stabiliti e facilmente individuabili sul terreno; in galleria invece verrà indicata la progressiva;
- data di materializzazione;
- quota del vertice;
- schizzo prospettico o fotografia;
- numerazione.

5.3.8 Elaborati poligonalie secondarie

Per le varie attività verrà predisposta dall'Appaltatore (e fornita alla Direzione Lavori) la seguente documentazione cartacea e su supporto magnetico.

- grafico su apposita cartografia
- monografie dei capisaldi di partenza
- monografie dei nuovi capisaldi
- libretti di misura o files di campagna
- calcolo dell'orientamento iniziale e della compensazione
- riepilogo delle coordinate risultanti per i capisaldi.

5.4 Livellazioni di precisione

5.4.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi

All'atto delle operazioni di livellazione si controllerà che i capisaldi di riferimento di partenza prescelti siano conformi a quanto indicato nelle monografie e che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo. Nell'eventualità che si sia verificato un danneggiamento o una rimozione, questo caposaldo verrà scartato riferendosi ad un altro, oppure, si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

5.4.2 Posizionamento e materializzazione dei nuovi capisaldi

La materializzazione dei capisaldi della livellazione verrà realizzata mediante pilastrini di calcestruzzo eseguiti in opera, di sezione di cm 30x30 fondati direttamente nel terreno a profondità non inferiore a cm 40, completi di centrini metallici a testa sferica, realizzati in metallo (o lega metallica) anticorrosivo, che porteranno incisa sulla base la scritta indicata dalla Direzione Lavori, murati e con numerazione realizzata sul calcestruzzo. E' obbligatorio l'uso di pilastrini quando i vertici da materializzare ricadono in terreno libero ed in tutti quei casi in cui manchino manufatti ben stabili.

Potranno anche essere realizzati mediante centrini metallici a testa sferica murati su manufatti esistenti o su roccia, in materiale metallico (o lega metallica) anticorrosivo che porteranno incisa sulla base la scritta indicata dalla Direzione Lavori

5.4.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranza

La livellazione di precisione sarà condotta con il metodo della livellazione geometrica con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello dovrà trovarsi ad uguale distanza dalle due stadiie, con approssimazione non superiore al metro, e la distanza tra lo strumento e la stadia non dovrà superare i 40 metri.

La misura del dislivello da caposaldo iniziale a caposaldo finale dovrà essere eseguita in andata e ritorno, in ore e giorni diversi se necessario. In ogni caso bisognerà evitare le ore calde o di foschia e le visuali radenti.

La discordanza tra il dislivello misurato in andata e quello in ritorno, tra caposaldo iniziale e finale, non dovrà superare la tolleranza di $mm \pm 6 \sqrt{D}$, dove D è la distanza espressa in Km.

Nel caso che detta discordanza risultasse superiore si dovrà ripetere la livellazione.

Qualora lungo il percorso della livellazione si trovassero più capisaldi, la livellazione stessa si svilupperà tra ciascuna coppia di questi.

Comunque, la tolleranza tra caposaldo iniziale e caposaldo finale di tutta la livellazione dovrà essere contenuta nel limite anzidetto.

Qualora la linea di livellazione si chiuda a formare un poligono di D chilometri, l'errore di chiusura (ovvero il risultato che si ottiene sommando le medie tra andata e ritorno dei dislivelli misurati sui tratti successivi della linea), non deve essere superiore a $mm \pm 3,5 \sqrt{D}$, dove D è il percorso totale espresso in Km.

Prima di collegare la livellazione con un caposaldo della livellazione di precisione, è fatto obbligo di assicurarsi che la quota del caposaldo sia rimasta invariata nel tempo.

Con la livellazione si dovrà determinare un caposaldo per ogni chilometro di linea livellata, che potrà anche coincidere con i vertici della poligonale.

Per la posa di nuovi capisaldi di livellazione si dovrà comunque prendere per origine almeno due capisaldi di quota nota della livellazione di precisione.

5.4.4 Registrazione delle misure

Vale quanto riportato al par. 5.2.5

5.4.5 Compensazione ed elaborazione dati

Per il calcolo delle quote definitive i dati rilevati, che rientrino nelle tolleranze stabilite, verranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e di calcolo.

5.4.6 Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi

Per la livellazione di precisione l'Appaltatore predisporrà (e fornirà alla Direzione Lavori) la seguente documentazione:

- monografie dei capisaldi ai quali è stata riferita la livellazione e monografie dei capisaldi messi in opera lungo il percorso della nuova livellazione che conterranno:
- quota del caposaldo al mm;
- data di materializzazione;
- numerazione progressiva alfanumerica.

Inoltre, per i capisaldi all'esterno delle gallerie:

- schizzo planimetrico con l'indicazione di almeno tre distanze da punti caratteristici, stabili e facilmente identificabili sul terreno;
- schizzo prospettico e fotografia.

Invece per i capisaldi all'interno delle gallerie:

- distanza progressiva
- schizzo planimetrico descrittivo.

5.4.7 Elaborati livellazioni di precisione

Per le varie attività verrà predisposta dall'Appaltatore (e fornita alla Direzione Lavori) la seguente documentazione cartacea e su supporto magnetico:

- grafico su apposita cartografia
- monografie dei capisaldi di partenza
- monografie dei nuovi capisaldi
- libretti di misura o files di campagna
- calcolo della compensazione
- riepilogo delle coordinate risultanti per i capisaldi.

5.5 Livellazioni tecniche

5.5.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi

Vale quanto riportato al par. 5.2.1..

5.5.2 Posizionamento e materializzazione dei nuovi capisaldi

Vale quanto riportato al par. 5.2.2.

5.5.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranze

Per la posa di nuovi capisaldi si dovranno prendere per origine almeno due capisaldi di quota nota da livellazione di precisione; per l'esecuzione di tracciamenti si dovranno prendere per origine almeno due capisaldi di quota comunque nota.

Le distanze tra strumento e stadi non dovranno superare i 40 metri, le battute saranno eseguite dal mezzo con ripetizione della misura in andata e ritorno. Dette misure dovranno succedersi senza intervallo di tempo e con lo stesso operatore. La discordanza tra dislivello misurato in andata e quello misurato in ritorno non dovrà superare la tolleranza di $mm \pm 18 \sqrt{D}$ dove D è la distanza totale percorsa espressa in Km; qualora la linea di livellazione si chiuda ad anello, l'errore di chiusura non dovrà essere superiore a $mm \pm 13 \sqrt{D}$. Nel caso risultasse superiore, si ripeterà la misura del tratto.

Prima di collegare la livellazione con un caposaldo preesistente sarà necessario assicurarsi che la quota del caposaldo di riferimento sia rimasta invariata nel tempo.

5.5.4 Registrazione delle misure

Vale quanto riportato al par. 5.2.5.

5.5.5 Compensazione di elaborazione dati

Per il calcolo delle quote definitive i dati rilevati, che rientrino nelle tolleranze stabilite, verranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e calcolo.

5.5.6 Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi

Per la livellazione tecnica sarà necessario che l'Appaltatore predisponga (e fornisca alla Direzione Lavori) la seguente documentazione:

- monografie dei capisaldi della livellazione ai quali è stata riferita la nuova operazione
- monografie dei nuovi capisaldi determinati, comprensive di schizzo planimetrico, schizzo prospettico e fotografia ovvero distanza progressiva, quota, numerazione, data di materializzazione.

5.5.7 Elaborati livellazioni tecniche

Per le varie attività verrà predisposta dall'Appaltatore (e fornita alla Direzione Lavori) la seguente documentazione cartacea e su supporto magnetico.

- grafico su apposita cartografia
- monografie dei capisaldi di partenza
- monografie dei nuovi capisaldi
- libretti di misura o files di campagna
- calcolo della compensazione
- riepilogo delle coordinate risultanti per i capisaldi.

5.6 Rilievi planoaltimetrici

5.6.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi

Vale quanto riportato al par. 5.2.1.

5.6.2 Orientamento iniziale

Da ogni punto di stazione, al fine di trasformare le letture degli angoli orizzontali di direzione in angoli azimutali da utilizzare per il calcolo delle coordinate planimetriche dei punti rilevati, si dovrà collimare ad un punto di coordinate note e ricavare l'angolo di correzione per l'orientamento del cerchio orizzontale come differenza tra il valore azimutale calcolato a partire dalle coordinate del punto collimato e del punto di stazione ed il valore corrispondente dell'angolo di direzione letto.

Tale orientamento andrà verificato su un secondo punto di coordinate note e sarà accettato se la differenza angolare non superi i 20 secondi centesimali.

5.6.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranze, registrazione delle misure, elaborazione dati

a) Rilievo celerimetrico

I punti da rilevare vanno scelti in modo da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno che superi un numero di centimetri pari ad $N/10$, con N uguale al denominatore della scala di restituzione, da poter posizionare ogni manufatto o rete infrastrutturale presente, le linee di confine tra proprietà differenti, le diverse colture e le essenze naturali arborate isolate o in gruppo; in particolare, nelle aree ad uso della linea metropolitana vanno rilevati tutti i punti idonei a definire l'andamento degli assi dei binari e di ogni altro particolare che sarà concordato preventivamente con la Direzione Lavori

Il rilievo deve essere effettuato per coordinate polari (distanza, angolo di direzione, angolo zenitale, dislivello) a partire da ogni punto di stazione per i punti la cui distanza dal punto di stazione non superi i 500 m collimando al prisma ed effettuando una singola lettura per ciascuna delle grandezze.

La restituzione cartografica deve avvenire dopo aver trasformato le coordinate polari in coordinate di un riferimento orientato in modo assoluto.

Per ognuno dei punti rilevati vanno registrati su apposito supporto (quaderno di campagna, supporto magnetico o registratore dati) i valori delle grandezze relative idonee alla determinazione della posizione planoaltimetrica rispetto al punto di stazione.

Il piano quotato così ottenuto sarà restituito su adatto supporto cartaceo e magnetico che verranno forniti alla Direzione Lavori

b) Rilievo per sezioni

Ferme restando le norme circa la scelta ed il controllo della conformità dei capisaldi di partenza, il calcolo dell'orientamento iniziale, la scelta della strumentazione e le tolleranze planoaltimetriche per punti isolati e ben individuati sulla restituzione e sul terreno, per quanto riguarda il rilievo di sezioni trasversali all'asse di progetto, la loro posizione verrà materializzata sul terreno tramite tondini di ferro posti alle estremità delle sezioni stesse e dove necessario. Detti tondini saranno adeguatamente sporgenti dal terreno e verniciati di colore intenso per facilitarne il ritrovamento.

Le sezioni si estenderanno per oltre 15 m circa dalla posizione prevista per il limite dei lavori.

Le stazioni di rilievo saranno possibilmente poste sulla linea d'asse della sezione stessa o ad un suo estremo.

In caso contrario esse saranno materializzate come i punti terminali delle sezioni.

Nei due casi, quando necessario, le stazioni di rilievo potranno essere più di una e non necessariamente visibili tra di loro.

Per ogni punto di stazione andrà redatto uno schizzo planimetrico idoneo a permettere di rintracciarne la posizione.

I punti da rilevare dovranno essere scelti in modo tale da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno compatibilmente con la scala del rilievo (variazione in centimetri pari a $N/10$ dove N è uguale al denominatore della scala di restituzione).

Le sezioni trasversali andranno numerate progressivamente e disegnate in scala 1:200 e rese su supporto magnetico da fornire alla Direzione Lavori

c) Tolleranze ed elaborazione dati

Per i punti del terreno rilevati sono stabilite le seguenti tolleranze:

- tolleranza planimetrica tra due punti isolati ben individuabili sulla restituzione grafica e sul terreno:
 - scala 1:500 $T_p < \pm 20$ cm
 - scala 1:200 $T_p < \pm 10$ cm
- tolleranza altimetrica tra due punti analoghi ai precedenti:
 - scala 1:500 $T_a < = \pm 5$ cm
 - scala 1:200 $T_a < = \pm 2$ cm

L'elaborazione dei dati sarà eseguita manualmente o tramite software di sperimentata affidabilità; a richiesta detto software sarà fornito alla Direzione Lavori per lo svolgimento delle necessarie operazioni di sorveglianza.

Il formato dei files di rilievo e restituzione cartografica sarà conforme a quanto indicato dalla Direzione Lavori

5.6.4 Elaborati rilievi planoaltimetrici

Per le varie attività verrà predisposta dall'Appaltatore (e fornita alla Direzione Lavori) la seguente documentazione cartacea e su supporto magnetico:

- grafico su apposita cartografia
- monografie dei capisaldi di partenza
- calcolo dell'orientamento iniziale
- libretti di misura o files di campagna
- elaborazione dati manuale e tramite software.

5.7 Tracciamenti planoaltimetrici

5.7.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi

Vale quanto riportato al paragrafo "Vertici".

5.7.2 Orientamento iniziale

Verrà calcolato l'angolo di direzione ad almeno due capisaldi noti. L'orientamento avverrà al caposaldo più lontano dal punto di stazione e si controllerà la veridicità dell'operazione attraverso l'orientamento al caposaldo più vicino.

5.7.3 Calcolo dei valori di tracciamento

Verrà eseguito il calcolo dei valori di tracciamento per il posizionamento dei punti di progetto (o riferimento degli stessi) che permettano la corretta esecuzione delle opere od il controllo di apparecchiature e mezzi d'opera, come ad esempio:

- realizzazione di carpenterie
- posizionamento di cassature
- posizionamento di apparecchiature a luce laser per il tracciamento, controllo delle gallerie o guida di macchinari adatti allo scavo delle stesse.

La correlazione tra i dati di progetto e i capisaldi planoaltimetrici dovrà essere documentata in appositi piani di lavoro topografici, redatti e controfirmati dal Topografo Senior responsabile per la topografia completi di tutti i dati analitici e grafici necessari all'immediato posizionamento dei punti per l'esecuzione dell'opera.

5.7.4 Modalità di tracciamento e tolleranze

L'esecuzione del tracciamento planimetrico avverrà per coordinate polari o rettangolari, stazionando su punti di coordinate note.

Al termine delle operazioni di tracciamento delle opere verranno eseguite, dove possibile, misure dirette di controllo sul posizionamento dei riferimenti.

Tutti i riferimenti atti al tracciamento delle opere saranno muniti delle relative indicazioni per l'esecuzione delle stesse che dovranno essere riportate, a seconda dei casi e in maniera inequivocabile, con scritte a vernice di colorazione intensa o pennarello indelebile, poste nelle immediate vicinanze su manufatti, targhette metalliche o picchetti.

Detti riferimenti potranno essere integrati o sostituiti da appositi schizzi o tabelle opportunamente compilate e sottoscritte dal Topografo Senior responsabile per la topografia.

L'esecuzione del tracciamento altimetrico delle opere avverrà tramite livellazione tecnica in andata e ritorno passante per due capisaldi di quota nota.

5.7.5 Elaborati tracciati planoaltimetrici

Per le varie attività verrà predisposta dall'Appaltatore (e fornita alla Direzione Lavori) la seguente documentazione cartacea e su supporto magnetico:

- grafico su apposita cartografia
- monografie dei capisaldi di partenza
- calcolo dell'orientamento iniziale
- riferimento agli elaborati di progetto
- calcolo dei valori di tracciamento
- schizzi o tabelle di riferimento (se redatte).

5.7.6 Squadra topografica

Il responsabile rilievi dell'Appaltatore, qualificato come Topografo Senior, si avvarrà della collaborazione di altri Topografi Senior o Junior o Canneggiatori a seconda delle esigenze della specifica attività.

La composizione minima dei gruppi di rilievo dovrà essere comunque la seguente:
il Topografico Senior e fino a 2 Canneggiatori, che dovranno essere messi a disposizione della Direzione Lavori, anche senza preavviso, per ogni operazione di controllo si rendesse necessaria.

6. IL RILIEVO DELLE OPERE STRUTTURALI DESTINATE A RICEVERE LE ATTREZZATURE DEL SISTEMA

6.1 Generalità

6.1.1 Oggetto delle specifiche

Le presenti specifiche definiscono le operazioni e la metodologia di rilievo che l'Appaltatore deve seguire per assicurare che gli ingombri del sistema siano rispettati nella realizzazione delle Opere Civili in linea e in stazioni, per le verifiche e controlli della buona esecuzione dell'opera nonché per trasmettere al Fornitore al del Sistema tutti i dati necessari all'installazione degli impianti di sistema.

A tal fine è richiesto di:

- Installare i capisaldi (in X, Y, Z) di riferimento per la messa in opera della via e delle porte di banchina.
- Redigere le tabelle del tracciato in pianta e del profilo longitudinale ricavandole dai rilievi topografici.

6.1.2 Opere considerate

Si tratta essenzialmente di opere strutturali relative alle gallerie, agli attraversamenti, alle banchine di stazione e alle predisposizioni destinate a ricevere le attrezzature del Sistema.

6.1.3 Principi generali dei Rilievi topografici all'interno delle Opere civili (RIO)

La documentazione del progetto è prodotta dal Progettista Opere Civili dovrà essere adeguata in conformità agli ingombri definiti dal Fornitore del **Sistema** in sede di Gruppo di Coordinamento di Interfaccia Opere Civili. Questi elaborati dovranno precisare le dimensioni minime e massime (funzionali) delle opere, in modo da tenere conto dei requisiti del Sistema. È necessario quindi verificare che l'Appaltatore abbia rispettato tenendo conto delle proprie tolleranze di esecuzione tali dimensioni e, a tale scopo, deve realizzare i Rilievi topografici all'Interno delle Opere civili (RIO).

A questi RIO si aggiungono i rilievi di tutte le predisposizioni, dispositivi di ancoraggio ed accessori particolari incorporati nelle opere, necessari all'installazione delle attrezzature legate al Sistema, come indicato negli elaborati di interfacciamento del Sistemista.

I RIO sono definiti a partire dai riferimenti costituiti dai capisaldi e dai piani di esecuzione definitivi delle diverse Opere Civili, approvati dal Committente e trasmessi al Sistemista conformemente alle condizioni ed ai tempi definiti nei documenti contrattuali.

6.1.4 Precisione dei rilievi

I differenti rilievi dovranno essere eseguiti partendo da riferimenti chiaramente identificati, coerenti ed omogenei tra loro (vedi paragrafi precedenti, allo scopo di evitare qualunque errore d'interpretazione o cumuli d'incertezza di misure.

La quantificazione delle incertezze delle misure dei rilievi dovrà essere fornita e comunque non inferiore a +/- 3mm.

Il passo delle sezioni rilevate dovrà essere adattato in base alla regolarità delle opere. Si richiede un passo per di 10m in rettilineo ed in curva .

Le sezioni rilevate dovranno essere rappresentative della geometria generale delle opere. Inoltre, saranno rilevate tutte le sezioni di geometria singolare.

La redazione del RIO è verificata dal Direttore Lavori Opere Civili per l'intero tracciato del lotto e implica che non esista alcun difetto significativo visibile (ossia constatabile ad occhio o mediante semplici misurazioni) e/o nascosto tra due profili consecutivi, planimetrici e/o altimetrici.

6.1.5 Correlazioni tra i rilievi ed il tracciato teorico

I rilievi topografici delle Opere Civili, nel numero e nella localizzazione in funzione della complessità geometrica dell'opera considerata, devono essere correlati con il tracciato teorico delle vie Sistema che sarà individuato e riportate negli elaborati di progetto.

6.2 Installazione dei capisaldi della poligonale

Le opere saranno attrezzate di capisaldi di riferimento per consentire la poligonale a centraggio forzato installati, a cura dell'Appaltatore, per tutta la lunghezza della linea. I capisaldi permettono di materializzare l'asse delle vie o l'asse di ciascuna via secondo le zone dove sono situati. I capisaldi saranno fissati ad una distanza massima di 100 metri in maniera definitiva alternativamente sul paramento di destra e su quello di sinistra, figureranno sugli elaborati planimetrici ed altimetrici, saranno visibili a due a due e costituiranno una poligonale a centraggio forzato. Essi dovranno permettere la messa in opera di un'attrezzatura specifica per stazionare in un punto conosciuto.

L'Appaltatore dovrà fornire la precisione di posizionamento dei capisaldi, che comunque non potrà essere superiore a +/- 2mm.

Tale poligonale sarà appoggiata alla poligonale di riferimento di superficie del progetto e ne adotterà lo stesso sistema di riferimento.

6.2.1 Linea

I capisaldi dovranno essere fissati sui piedritti della galleria artificiale e naturale. Essi saranno situati ad un'altezza di circa 1,4 metri in rapporto all'estradosso della passerella e saranno inseriti in cassette di protezione.

6.2.2 Stazioni

Tre riferimenti dovranno essere materializzati su ciascuna banchina di stazione (un riferimento a ciascun timpano della stazione e un riferimento indicante l'asse di sistema). Questi riferimenti saranno situati a livello banchina e all'esterno della zona di predisposizioni della parte bassa delle porte di banchina e serviranno alla posa delle porte di banchina.

6.3 Rilievi topografici all'Interno delle Opere civili (RIO)

6.3.1 Elementi da fornire

I punti chilometrici (PK) saranno calcolati a partire da PK zero (progressiva chilometrica riportata sugli elaborati di progetto) del tracciato ubicata nel baricentro della Stazione Anselmetti. La progressiva iniziale del lotto funzionale "Politecnico-Rebaudengo" è pari a PK 5+906,810 e la progressiva finale è pari a PK 5+472.032.

6.3.2 Correlazione tra rilievi e tracciato teorico

I rilievi topografici delle Opere Civili, il cui numero e localizzazione dipendono dalla complessità geometrica dell'opera considerata, devono essere correlati con il tracciato teorico dell'asse delle vie del Sistema che verrà scelto.

In generale, i riferimenti del tracciato teorico contenuti nel progetto sono:

- tabella dell'andamento dell'interasse delle vie V1 e V2, chiamato V0, quando l'interasse è costante oppure simmetricamente variabile;
- tabella dell'andamento della via V1 e della via V2 quando l'interasse delle due vie è variabile.

6.3.3 Punti da rilevare, risultati da fornire

- Principi

In teoria, per verificare il rispetto delle sagome, bisognerebbe sempre posizionarsi in un piano perpendicolare alle vie. Nel caso in cui le vie siano parallele, occorrerebbe considerare un piano perpendicolare a V0.

Nel caso in cui l'interasse delle vie sia variabile, bisognerebbe considerare due piani perpendicolari, uno alla via V1 ed il secondo alla via V2.

Questo comporterebbe sia di rilevare dei punti situati in uno stesso piano perpendicolare a V0, ad esempio nel caso di vie parallele, sia con una leggera approssimazione, di rilevare dei punti situati in uno stesso piano verticale quindi di proiettarli, tramite calcolo, su un piano perpendicolare a V0.

In pratica, si ammette un'approssimazione del tutto legittima e consacrata dall'esperienza, che consiste nel rilevare dei punti situati in uno stesso piano verticale. Dal calcolo, viene determinato il PK (punto metrico) di ciascun punto, che viene poi individuato rispetto all'asse V0. Il PK di un punto dell'opera è il PK della sua proiezione sull'asse V0. I punti i cui PK sono vicini, ad esempio a 10 o 20 cm circa, sono quindi trattati come se avessero lo stesso PK, e servono per tracciare una sezione dichiarata perpendicolare a V0 (oppure due semi-

sezioni ognuna perpendicolare a V1 oppure a V2). È in questa sezione, rappresentativa delle zone rilevate, che sarà verificato il rispetto delle sagome.

Se, dopo la verifica dei risultati ottenuti con il presente metodo, ci fosse localmente un dubbio sul rispetto delle sagome, sarà eseguita una seconda campagna di rilievi limitandola alla zona in questione e ravvicinando le sezioni rilevate.

- **Precisazioni**

- su ogni sezione trasversale sarà indicato il senso delle PK associate (crescente o decrescente);
- le sezioni trasversali saranno confrontate rispetto alla posizione teorica dell'opera;
- la sagoma funzionale di sistema sarà riportata sulle sezioni rilevate e saranno evidenziati gli scarti;
- le sezioni trasversali saranno riportate su tavole in scala 1/20.

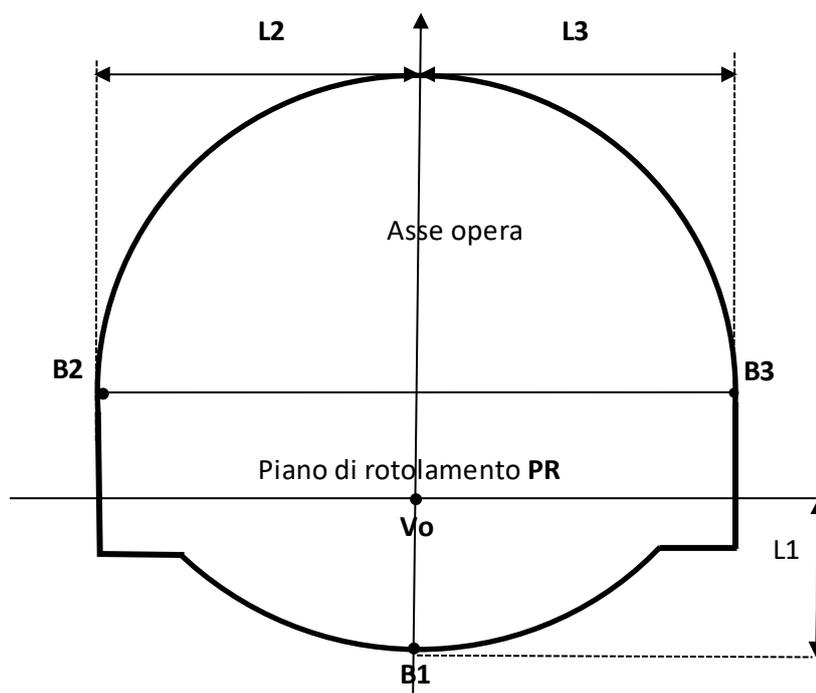
6.3.4 Tracciato

Questi rilievi vanno realizzati prendendo come base di riferimento inamovibile il tracciato teorico dell'asse delle vie V0.

Nel seguito sono riportati i punti da rilevare nelle sezioni in galleria circolare, in galleria artificiale, in tutte le sezioni particolari e nelle stazioni.

- **Sezione galleria policentrica**

I rilievi della galleria saranno sistematicamente realizzati con il profilometro (numero minimo di 30 punti rilevati) e saranno riportati sulle sezioni almeno 3 punti in corrispondenza degli incroci degli assi della galleria (B1, B2 e B3)



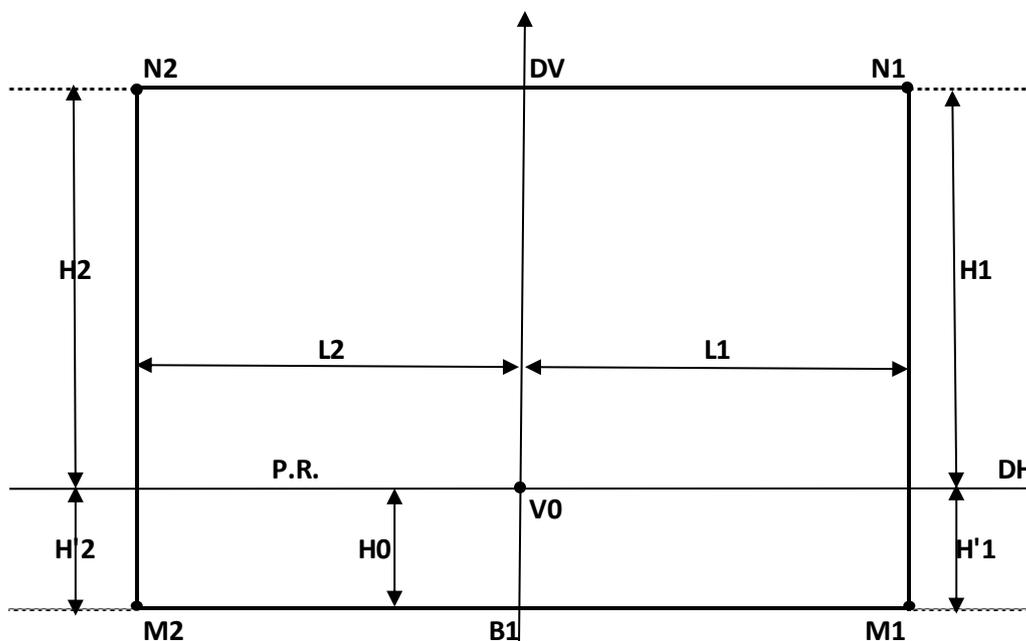
L'asse dell'opera ed il Piano di Rotolamento figureranno sulle sezioni, così come le distanze L1, L2, L3 e le quote Z dei punti B1, B2, B3.

È onere dell'Appaltatore su disposizione della DL, l'interfaccia ed il coordinamento con il Sistema per la definizione di eventuali altri punti di rilievo sulle sezioni per i successivi lavori a carico del Sistema, in particolare per quanto concerne la definizione del punto metrico delle due vie (PK), i valori della sopraelevazione trasversale delle due vie, il valore dello sfalsamento dell'asse della linea.

Le sezioni saranno completate da una tabella dei fuori tolleranze.

- Sezione galleria artificiale

I quattro angoli dell'opera (M1, N1, M2, N2) devono essere quotati rispetto a V0 e al piano di rotolamento (PR). Un quinto punto B1, situato approssimativamente sull'asse dell'opera, sarà rilevato secondo l'asse Z.



V0 è situato sul Piano di Rotolamento. DH è l'orizzontale situato sul piano oggetto del rilievo che passa da V0. DV è la perpendicolare a DH nel piano studiato. Le sezioni saranno completate da una tabella dei fuori tolleranze. Salvo indicazioni contrarie, il principio da seguire è lo stesso per i casi d'opere particolari. Nelle sezioni con due vie ad asse variabile, i rilievi saranno eseguiti sui piedritti della V1 e su quelli della V2 anziché riferirsi all'asse delle vie V0.

6.3.5 Altre sezioni (pozzi di aggotamento e di ventilazione, vasche di accumulo acque, nicchie, banchine laterali pozzo terminale, ecc..)

In corrispondenza di un'opera di aggotamento e di ventilazione e delle nicchie lungo la linea, saranno rilevate le posizioni e dimensioni dei pozzetti di evacuazione acque, delle nicchie riservate per deviatori e per il tiraggio cavi e delle banchine del pozzo terminale ed anche il punto più basso del fondo scorrevole dei tubi di drenaggio acque.

Gli altri eventuali casi particolari saranno trattati per analogia, dopo la messa a punto con il Sistemista.

- Stazioni – Piastre di porte di banchina e sporgenza delle banchine

Le piastre alte e basse delle porte delle banchine e la sporgenza delle banchine devono essere oggetto di rilievi particolari, al fine di verificare che siano rispettate le tolleranze fissate sui disegni di interfaccia del Sistemista. Sono da fornire, per ogni piastra preventivamente numerata, gli elementi relativi all'asse delle piastre materializzati (ad esempio tramite colpo di punteruolo) in modo indelebile ripreso in una tabella integrata con gli scarti tra il teorico ed il rilevato.

N° piastra	X	Y	Z	Distanza dall'asse delle vie V0	Distanza dall'asse di sistema della stazione	Altezza rispetto al piano di rotolamento

Sono anche da rilevare dall'Opera Civile:

- la planarità dell'estradosso solaio dell'atrio;
- la planarità delle piastre;
- il parallelismo dei lati delle piastre rispetto all'asse delle vie V0 e all'asse del sistema;
- le dimensioni in pianta delle piastre (lunghezza e larghezza);
- il livello del calcestruzzo tra ogni piastra;
- la distanza del bordo della banchina dall'asse delle vie V0;
- la posizione dei punti caratteristici del raccordo del bordo di banchina rispetto all'asse del sistema e rispetto all'asse delle vie V0.
- la predisposizione per l'armadio di banchina;
- la distanza tra il sottobanchina e l'asse delle vie V0.

In tutti i casi schizzi esplicativi e tavole riassuntive devono esporre ciò che è stato misurato ed impedire ogni ambiguità sull'interpretazione delle misure.

Le predisposizioni civili del tipo di condotti oppure fori di accesso saranno oggetto di controllo specifico.

7. CONTROLLI DI QUALITA'

L'Appaltatore non è tenuto a redigere il documento: "PIANO DI QUALITA' DI COSTRUZIONE E INSTALLAZIONE – RILIEVI E TRACCIAMENTI".

Si evidenzia comunque che a carico dell'Appaltatore medesimo permangono comunque gli obblighi descritti nei capitoli precedenti della presente Sezione di CSA – Parte B nonché quanto di seguito descritto.

7.1 Controlli generali

Per ogni lavoro di rilevazione topografica effettuata in qualsiasi fase di realizzazione del progetto, si dovrà controllare che sia adottata o si faccia riferimento ad una unica rete di capisaldi.

Tale verifica dovrà essere sempre riportata sui certificati relativi ai lavori topografici.

7.2 Qualificazione e controlli sul personale

Il personale dell'Appaltatore addetto all'uso della strumentazione topografica e allo sviluppo sul terreno dei lavori topografici (triangolazioni, poligonazioni, livellazioni, tracciamenti, ecc.), sarà organizzato in squadre costituite, da almeno un Topografo Senior e da Topografi Junior che dovranno possedere i seguenti requisiti:

- Topografo Senior

Titolo di studio minimo: Geometra o equivalente;

Esperienza lavorativa minimo: 5 anni;

Conoscenza e padronanza degli strumenti impiegati;

Conoscenza specifica della normativa I.G.M.I. e della documentazione contrattuale

Conoscenza specifica dei metodi di calcolo

- Topografo Junior

Titolo di studio minimo: Geometra o equivalente;

Esperienza lavorativa: 2 anni;

Conoscenza e padronanza degli strumenti impiegati;

Conoscenza della normativa I.G.M.I. e della documentazione contrattuale

Conoscenza dei metodi di calcolo

I suddetti requisiti dovranno essere documentati da un curriculum dettagliato riportante le esperienze specifiche, con riferimento alla strumentazione utilizzata, da consegnare alla Direzione Lavori

L'idoneità del personale dovrà essere certificata alla Direzione Lavori da parte dell'Appaltatore.

Copia delle certificazioni saranno allegate al dossier di qualifica del rilievo o dell'opera a cui si riferisce il lavoro topografico.

7.3 Controlli sulle attrezzature e documentazioni

Copia dei certificati di taratura saranno allegati al dossier di qualifica del rilievo o dell'opera a cui si riferisce il lavoro topografico.

Il Responsabile rilievi dell'Appaltatore avrà inoltre cura di predisporre un adeguato numero di libretti di misura, che dovranno essere autenticati e vidimati, numerando progressivamente le pagine e i libretti stessi, da parte della Direzione Lavori del Committente.

Sui libretti, riempiti senza pagine bianche, i dati dovranno essere riportati in maniera indelebile e senza cancellazioni invisibili.

7.4 Controlli in corso d'opera

a) Strumentazione

Si dovrà verificare, prima di iniziare il lavoro topografico l'efficienza della strumentazione.

Il risultato del controllo da effettuarsi in contraddittorio con la Direzione Lavori sarà annotato nella documentazione con il risultato del lavoro topografico.

b) Capisaldi

Al momento in cui verranno stabiliti dei nuovi capisaldi, si dovranno effettuare i seguenti controlli:

- che i capisaldi di riferimento di partenza prescelti siano conformi a quanto indicato precedentemente e che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo; nell'eventualità che si sia verificato un danneggiamento o una rimozione, si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione, compresa la redazione di ulteriori documenti e certificati da allegare al dossier di qualifica del ripristino.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B.2
Sezione n. 2: Rilievi e tracciamenti

Pag. 19 di 48

- che i capisaldi di nuova creazione siano conformi e muniti di quanto indicato ai punti 4.1 e 5.1 della presente sezione del Capitolato Speciale d'Appalto parte B, in particolare:
borchie su manufatti stabili nel terreno;
realizzati con pilastri in cemento;
corredati della monografia descrittiva.
L'esito dei controlli sarà annotato sul certificato previsto e consegnato alla Direzione Lavori

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 3:

INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO, PROVE E ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Dott. S. Strippoli Ing. P. De Martini		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023
1	Dott. S. Strippoli		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		06/10/2023
2	Dott. S. Strippoli		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		27/11/2023

INDICE

1.	CAMPO DI APPLICAZIONE E PRESCRIZIONI	1
1.1	Campo di applicazione	1
1.2	Prescrizioni	1
1.2.1	Prescrizioni generali	1
1.2.2	Piano di indagini geognostiche	2
1.2.3	Cronoprogramma dei lavori	2
1.2.4	Personale, mezzi, attrezzature, strumentazione e materiali	2
1.2.5	Giornale di Cantiere.....	2
1.2.6	Direzione del cantiere di indagine.....	2
1.2.7	Disponibilità delle aree, allestimento e gestione dei cantieri di indagine	3
1.2.8	Tutela delle acque sotterranee	3
1.2.9	Indagini a fini geotermici	4
1.2.10	Sottoservizi e strutture/manufatti interrati	5
1.2.11	Prescavi.....	5
1.2.12	Rilievo planoaltimetrico dei punti di indagine.....	6
1.2.13	Ripristini superficiali	7
1.2.14	Laboratori di prova e analisi.....	7
1.2.15	Documentazione	7
2.	INDAGINI E PROVE IN SITO	9
2.1	Sondaggio geognostico a carotaggio continuo	9
2.1.1	Definizioni	9
2.1.2	Normative e specifiche di riferimento.....	9
2.1.3	Attrezzature e materiali	9
2.1.4	Modalità esecutive	11
2.1.5	Rilievo geotecnico	12
2.1.6	Cassette catalogatrici	16
2.1.7	Fotografie digitali a colori	16
2.1.8	Riempimento dei fori di sondaggio	16
2.1.9	Consegna dei campioni.....	17
2.1.10	Conservazione delle cassette catalogatrici.....	17
2.1.11	Ubicazione e quota assoluta dei punti di indagine.....	17
2.1.12	Piste e piazzole di accesso al punto di indagine	17
2.1.13	Documentazione	18
2.1.14	Dati generali e tecnici.....	18
2.1.15	Descrizione stratigrafica.....	18
2.1.16	Altre registrazioni in corso di perforazione	18
2.1.17	Rilievo della falda.....	18
2.2	Sondaggio geomeccanico.....	18
2.2.1	Generalità.....	18
2.2.2	Attrezzature di perforazione	19
2.2.3	Utensili di perforazione	19
2.2.4	Strumenti per la descrizione geomeccanica	19
2.2.5	Modalità esecutive	19
2.2.6	Rilievo geomeccanico	20
2.2.7	Documentazione	26
2.3	Sondaggio ambientale	26
2.3.1	Generalità.....	26
2.3.2	Attrezzature e procedure di perforazione	26
2.3.3	Fluidi di circolazione	26
2.3.4	Descrizione stratigrafica.....	26
2.3.5	Documentazione	27
2.4	Perforazione a rotazione a distruzione di nucleo	27

2.4.1	Generalità.....	27
2.4.2	Attrezzature di perforazione.....	27
2.4.3	Utensili di perforazione.....	27
2.4.4	Modalità esecutive.....	27
2.4.5	Documentazione.....	28
2.4.6	Registrazione dei parametri di perforazione (Dac-Test).....	28
2.5	Campionamento geotecnico nei sondaggi.....	29
2.5.1	Generalità.....	29
2.5.2	Campionatori.....	29
2.5.3	Modalità esecutive.....	31
2.5.4	Estrusione dei campioni in cantiere.....	32
2.5.5	Classificazione e registrazione dei campioni.....	32
2.5.6	Imballaggio e trasporto dei campioni.....	33
2.6	Campionamento geomeccanico nei sondaggi.....	33
2.6.1	Generalità.....	33
2.6.2	Campionatori.....	33
2.6.3	Modalità esecutive.....	33
2.6.4	Estrusione dei campioni in cantiere.....	34
2.6.5	Classificazione e registrazione dei campioni.....	34
2.6.6	Imballaggio e trasporto dei campioni.....	34
2.7	Campionamenti ambientali nei sondaggi.....	34
2.7.1	Generalità.....	34
2.7.2	Modalità esecutive.....	34
2.7.3	Classificazione e registrazione dei campioni.....	34
2.7.4	Imballaggio e trasporto dei campioni.....	35
2.8	Prove geotecniche in foro di sondaggio.....	35
2.8.1	Standard Penetration Test (SPT).....	35
2.8.2	Prova scissometrica (Vane Test).....	36
2.8.3	Prova pressiométrica tipo Menard (MPM).....	38
2.8.4	Prove di permeabilità tipo Lefranc.....	42
2.8.5	Prova di permeabilità tipo Lugeon.....	44
2.8.6	Prova di permeabilità con Sistema BAT GWMS.....	46
2.8.7	Prove penetrometriche e dilatometriche continue.....	48
2.8.8	Prova con dilatometro piatto tipo Marchetti (DMT).....	57
2.9	Indagini geotermiche.....	59
2.9.1	Rilievo della temperatura della falda.....	59
2.9.2	Test di Risposta Termica (TRT) – Ground Response Test (GRT).....	62
3.	MONITORAGGI GEOTECNICI.....	69
3.1	Installazione di strumentazione.....	69
3.1.1	Piezometro a tubo aperto.....	69
3.1.2	Piezometro tipo Casagrande.....	70
3.1.3	Piezometro BAT MKII.....	71
3.1.4	Tubo inclinometrico.....	72
3.1.5	Assestometro magnetico profondo.....	74
3.1.6	Assestometro a piastra.....	76
3.2	Lecture e rilievi strumentali.....	76
3.2.1	Misura in piezometro a tubo aperto e in piezometro tipo Casagrande.....	76
3.2.2	Misura in piezometro BAT MKII.....	77
3.2.3	Misura inclinometrica.....	77
3.2.4	Misura assestometro magnetico profondo.....	78
3.2.5	Misura assestometro a piastra.....	79
4.	INDAGINI GEOFISICHE.....	80
4.1	Prospezioni sismiche.....	80

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B.2

Sezione n. 3: Indagini geognostiche in sito, prove e analisi geotecniche di laboratorio

4.1.1	Indagine sismica a rifrazione ad onde di compressione (onde P)	80
4.1.2	Indagine sismica a rifrazione ad onde di taglio (onde S)	81
4.1.3	Analisi della attenuazione anelastica e determinazione del Fattore Qualità	82
4.1.4	MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).....	82
4.1.5	Indagine sismica a riflessione	83
4.1.6	Prospezione sismica in foro di sondaggio (Down-Hole)	84
4.1.7	Prospezione sismica tra fori di sondaggio (Cross-Hole)	87
4.1.8	Prospezione geotomografica	89
4.2	Prospezioni elettriche	90
4.2.1	Sondaggio elettrico verticale (SEV).....	90
4.2.2	Tomografia elettrica	91
4.2.3	Profilo di resistività	92
4.2.4	Prospezioni con Georadar	93
5.	PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO	95
5.1	Generalità.....	95
5.1.1	Requisiti generali del laboratorio	95
5.1.2	Locali di prova	95
5.1.3	Apparecchiature di prova	95
5.1.4	Identificazione dei campioni.....	95
5.1.5	Conservazione dei campioni.....	96
5.1.6	Condizioni di trattamento dei campioni	96
5.1.7	Modifiche al programma di prove	96
5.1.8	Rapporti con la Direzione Lavori.....	97
5.1.9	Normative di riferimento.....	97
5.1.10	Documentazione da fornire.....	97
5.2	Determinazione delle caratteristiche fisiche (prove di identificazione)	98
5.2.1	Apertura e descrizione geotecnica di campioni indisturbati.....	98
5.2.2	Apertura e descrizione geotecnica di campioni rimaneggiati	98
5.2.3	Determinazione del contenuto naturale d'acqua	98
5.2.4	Determinazione della massa volumica apparente (peso dell'unità di volume naturale)	99
5.2.5	Determinazione dei limiti di consistenza.....	99
5.2.6	Determinazione del limite di ritiro.....	100
5.2.7	Analisi granulometrica per vagliatura.....	100
5.2.8	Determinazione del passante o trattenuto ad un singolo vaglio	101
5.2.9	Analisi granulometrica per sedimentazione	102
5.2.10	Determinazione della massa volumica reale (peso specifico assoluto dei grani).....	103
5.2.11	Determinazione del contenuto in sostanze organiche.....	103
5.2.12	Determinazione del tenore in carbonati	103
5.3	Determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche	104
5.3.1	Prova di compressione edometrica (IL).....	104
5.3.2	Determinazione del rigonfiamento libero.....	105
5.3.3	Determinazione della pressione di rigonfiamento.....	106
5.3.4	Prova di taglio con scissometro da laboratorio.....	107
5.3.5	Prova di compressione monoassiale ad espansione laterale libera	108
5.3.6	Prova di compressione triassiale non consolidata - non drenata (UU)	108
5.3.7	Prova di compressione triassiale consolidata isotropicamente - non drenata (CIU)	109
5.3.8	Prova di compressione triassiale consolidata isotropicamente - drenata (CID).....	110
5.3.9	Prova di taglio diretto consolidata – drenata	112
5.3.10	Prova di taglio anulare.....	113
5.3.11	Prove di costipamento	114
5.3.12	Prova CBR	116
5.3.13	Prova di permeabilità diretta con permeametro a carico idraulico costante....	117

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B.2

Sezione n. 3: Indagini geognostiche in sito, prove e analisi geotecniche di laboratorio

5.3.14	Prova di permeabilità a carico costante in cella triassiale	118
5.3.15	Esame petrografico allo stereomicroscopio.....	120
5.3.16	Prova a carico concentrato Point Load Test.....	120
5.3.17	Prova di abrasività Cerchar	121
5.3.18	Prova di perforabilità Sievers' Miniature Drill Test (SJ)	121
5.3.19	Prova di frammentazione Brittleness Value Test S20.....	122
5.3.20	Prova Cone Indenter Test NCB.....	122
5.3.21	Prova Punch Penetration Test.	123
5.3.22	Prova per la determinazione della conducibilità termica di un terreno	124
5.4	Analisi micropaleontologica	126
5.4.1	Generalità.....	126
5.4.2	Normative e specifiche di riferimento.....	126
5.4.3	Modalità di prova	126
5.4.4	Documentazione	126
6.	CONTROLLI DI QUALITA'	127
6.1	Premessa.....	127
6.2	Controlli preliminari	127
6.2.1	Qualificazione e controlli sul personale	127
6.2.2	Controlli e taratura delle attrezzature	127
6.2.3	Qualificazione dei laboratori	127
6.2.4	Condizioni per l'inizio dei lavori	128
6.3	Controlli in corso d'opera	128
6.3.1	Indagini da eseguire con prove di laboratorio	128
6.4	Prescrizioni generali.....	129

1. CAMPO DI APPLICAZIONE E PRESCRIZIONI

1.1 Campo di applicazione

La presente Sezione di Capitolato è relativa alle specifiche tecniche e prestazionali riguardanti le attività di esecuzione di indagini geognostiche in sito e prove e analisi geotecniche di laboratorio che al fine di verificare le ipotesi di progetto potranno essere programmate ed eseguite durante la fase progettazione esecutiva e di costruzione dell'opera.

1.2 Prescrizioni

Vengono nel seguito riportate tutte le prescrizioni di carattere generale e particolare che l'Appaltatore dovrà osservare nell'esecuzione di indagini geognostiche in sito e prove e analisi geotecniche di laboratorio.

1.2.1 Prescrizioni generali

I lavori di indagine geognostica dovranno essere realizzati dall'Appaltatore con personale, modalità operative ed attrezzature conformi alle prescrizioni del presente Capitolato, senza apportare variazioni che non siano state preventivamente concordate e formalmente approvate dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà eseguire le attività di indagine geognostica in sito e le prove e analisi geotecniche di laboratorio, nonché tutte le prestazioni e le forniture ad essi complementari, anche ove non espressamente indicate, in conformità alle norme di Legge e ai Regolamenti vigenti in materia di appalti di lavori pubblici, sicurezza e igiene degli ambienti di lavoro e tutela ambientale, alle raccomandazioni e/o prescrizioni, comunque denominate, dettate da parte delle Amministrazioni e/o Enti e/o Pubbliche Autorità competenti, ancorché tali prestazioni non siano specificatamente previste nel presente Capitolato, nonché in conformità agli ordini di servizio che saranno impartiti dalla Direzione Lavori.

In tutti i casi, prima dell'inizio dei lavori di indagine, l'Appaltatore dovrà consegnare formalmente per approvazione alla Direzione Lavori un documento tecnico riassuntivo delle indagini da eseguire nel quale siano indicati lo sviluppo temporale dei lavori (Cronoprogramma dei Lavori), il personale, le attrezzature, i mezzi, le modalità operative e i materiali che saranno impiegati per l'esecuzione dei lavori di indagine geognostica in sito e di laboratorio.

Si evidenziano di seguito i ruoli e le responsabilità che vengono individuati nello svolgimento delle attività di indagine geognostica descritte nel presente Capitolato.

Le attività a carico dell'Appaltatore, con possibilità di subaffidamento di tali attività a soggetti terzi in possesso di competenze specifiche (Consulenti Specialisti) sono le seguenti:

- il progetto delle indagini e delle prove, anche in funzione delle risultanze dei monitoraggi e delle evidenze in sito;
- l'esecuzione delle indagini in sito, delle prove in sito e di laboratorio e l'installazione di strumentazione in sito;
- l'esecuzione delle letture della strumentazione installata in sito (comprese le letture di zero e le periodiche misure di taratura);
- l'immediata comunicazione alla Direzione Lavori in caso di eventi particolari durante l'esecuzione delle indagini e delle prove;
- la trasmissione formale alla Direzione Lavori della documentazione tecnica in forma cartacea e digitale e con le modalità e nei tempi previsti e/o preventivamente concordati la stessa Direzione Lavori;

Le attività a carico della Direzione Lavori, con possibilità di affidamento di tali attività a soggetti terzi in possesso di competenze specifiche (Progettista, Consulenti Specialisti):

- la supervisione delle attività di indagine e prova in sito;
- le eventuali misure in affiancamento con quelle rilevate dall'Appaltatore e le misure di controllo periodico in contraddittorio;
- l'interpretazione delle misure.

L'Appaltatore dovrà assicurare la presenza a tempo pieno presso i cantieri di indagine geognostica di un Geologo Direttore di Cantiere iscritto al relativo Albo Professionale dell'Ordine Regionale di pertinenza e con adeguata e comprovata esperienza di almeno cinque anni nel campo specifico dell'esecuzione e supervisione di indagini e prove geognostiche, al quale verrà affidato il coordinamento e la supervisione dei lavori di indagine geognostica. Il Geologo Direttore di Cantiere sarà responsabile della corretta esecuzione delle attività, della

redazione delle stratigrafie, dei rapporti e certificati di prova, della raccolta dei dati nonché della fornitura di eventuali documenti integrativi che potrebbero servire alla definizione particolareggiata delle attrezzature e delle modalità esecutive delle indagini.

La documentazione dei lavori svolti dovrà essere progressivamente aggiornata dall'Appaltatore nel corso dell'esecuzione dei lavori e dovrà essere periodicamente trasmessa alla Direzione Lavori con frequenza minima settimanale o maggiore su esplicita richiesta della Stessa. La documentazione in forma definitiva dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori entro e non oltre 15 giorni naturali e consecutivi dal completamento dei lavori in sito, salvo diversa prescrizione della stessa Direzione Lavori. Tutta la documentazione finale dovrà essere fornita alla Direzione Lavori e alla Stazione Appaltante in formato cartaceo e digitale secondo gli standard di consegna che dovranno essere preventivamente concordati formalmente con la Direzione Lavori in fase di approvazione del cronoprogramma dei lavori.

1.2.2 Piano di indagini geognostiche

In aggiunta alle indagini geognostiche indicate a titolo prescrittivo nella documentazione progettuale a base gara, sarà facoltà dell'Appaltatore predisporre in sede di sviluppo del Progetto Esecutivo e realizzare previa approvazione della Stazione Appaltante e della Direzione Lavori, un Piano di Indagini Geognostiche integrative con relative prove di laboratorio da eseguire lungo il tracciato dell'opera.

Eventuali indagini geognostiche da realizzarsi in corrispondenza delle zone interessate dai consolidamenti previsti nel progetto dell'opera dovranno essere realizzate preventivamente all'esecuzione dei campi prove e dovranno essere approfonditi almeno fino alla quota massima di approfondimento dei consolidamenti stessi.

1.2.3 Cronoprogramma dei lavori

L'Appaltatore dovrà trasmettere formalmente per approvazione alla Direzione Lavori entro e non oltre 15 giorni naturali consecutivi antecedenti l'inizio dei lavori di indagine geognostica, il Cronoprogramma dei Lavori di indagine comprensivo delle attività in sito e delle prove di laboratorio dettagliando tutte le fasi di esecuzione dell'indagine geognostica (indagini sottoservizi, prescavi, perforazione sondaggi, esecuzione prove e monitoraggi, ripristini, rilievo planaltimetrico dei punti di indagine, tempistiche prove di laboratorio) con indicazione delle date previste di inizio-fine lavori e della consegna finale della reportistica di indagine (schede stratigrafiche, report specialistici, Rapporti di Prova, ecc.).

In corso di esecuzione dei lavori di indagine l'Appaltatore dovrà dare immediata comunicazione formale alla Direzione Lavori in caso di imprevisti, eventi particolari e/o anomalie che si dovessero verificare durante l'esecuzione delle attività in sito e di laboratorio che comportino variazioni del Cronoprogramma dei Lavori precedentemente approvato dalla Direzione dei Lavori.

1.2.4 Personale, mezzi, attrezzature, strumentazione e materiali

L'Appaltatore dovrà presentare formalmente per approvazione della Direzione Lavori entro e non oltre 15 giorni naturali consecutivi antecedenti all'inizio dei lavori una relazione nella quale siano indicati l'elenco completo del personale impiegato con indicazione dei ruoli e delle responsabilità, l'elenco e le caratteristiche tecniche di tutti i mezzi, le attrezzature, le strumentazioni e i materiali che l'Appaltatore utilizzerà per l'esecuzione dei lavori di indagine geognostica in sito e di laboratorio.

1.2.5 Giornale di Cantiere

L'Appaltatore dovrà fornire, compilare e aggiornare quotidianamente un Giornale di Cantiere su cui devono essere riportate tutte le attività eseguite, il personale e i mezzi impiegati, i campioni prelevati, eventuali anomalie, guasti, fermi attività, le condizioni meteorologiche, ecc.).

1.2.6 Direzione del cantiere di indagine

L'Appaltatore dovrà assicurare la presenza a tempo pieno presso i cantieri di indagine geognostica di un Geologo Direttore di Cantiere laureato in Geologia, iscritto al relativo Albo Professionale dell'Ordine Regionale di pertinenza e con adeguata e comprovata esperienza di almeno cinque anni nel campo specifico dell'esecuzione e supervisione di indagini e prove geognostiche che sarà responsabile del coordinamento, della supervisione dei lavori di indagine geognostica. Il Geologo Direttore di Cantiere dell'Appaltatore sarà responsabile della corretta esecuzione delle attività di indagine e delle prove eseguite in sito, della raccolta dei dati di sondaggio, della redazione delle schede stratigrafiche, della compilazione del Giornale di Cantiere e

delle Catene di Custodia dei campioni prelevati, nonché della fornitura di eventuali documenti integrativi utili alla definizione particolareggiata delle attrezzature utilizzate e delle modalità esecutive adottate.

1.2.7 Disponibilità delle aree, allestimento e gestione dei cantieri di indagine

Le attività di indagine geognostica in sito dovranno essere eseguite nell'osservanza delle Leggi e Normative vigenti in materia di igiene e sicurezza dei luoghi di lavoro, sicurezza stradale e di tutela ambientale nonché dei regolamenti della Città di Torino inerenti all'occupazione e la manomissione del suolo pubblico.

In particolare, sono a carico dell'Appaltatore:

- le operazioni di verifica preliminare dello stato dei luoghi di indagine necessarie per la corretta cantierizzazione ed esecuzione delle attività di indagine geognostica;
- l'acquisizione di tutte le autorizzazioni, permessi, nulla-osta necessari per l'accesso e l'esecuzione di lavori con personale, mezzi e attrezzature nelle aree pubbliche e/o private interessate dall'esecuzione delle attività di indagine geognostica in sito (rilievi, prescavi, perforazioni, monitoraggi), nonché per la loro occupazione temporanea, manomissione e ripristino delle superfici. Sarà onere dell'Appaltatore provvedere alla predisposizione e alla consegna agli Uffici Pubblici o Privati competenti di tutta la documentazione amministrativa e tecnica utile per l'ottenimento di tutte le autorizzazioni necessarie all'esecuzione dei lavori di indagine;
- il posizionamento e la rimozione della segnaletica stradale orizzontale e verticale necessaria per l'esecuzione dei lavori in osservanza alle norme di Sicurezza, al Codice della Strada e ai Regolamenti della Città di Torino (comprensiva della cartellonistica prevista per l'ottenimento della disponibilità delle aree di indagine ubicate su suolo pubblico);
- la fornitura, l'allestimento, la conservazione e la rimozione di tutti i presidi di sicurezza necessari a garantire la sicura esecuzione dei lavori in ottemperanza alla vigente normativa di sicurezza del lavoro D.Lgs. 81/08 e s.m.i. e a rispettare tutte le previsioni e prescrizioni che saranno formulate dal Coordinatore della Sicurezza incaricato;
- l'allestimento, la manutenzione, la sorveglianza, la pulizia e la rimozione delle aree di cantiere;
- l'approvvigionamento di energia elettrica, acque di perforazione e di tutti gli apprestamenti, materiali e attrezzature necessari per l'esecuzione delle attività di indagine geognostica;
- l'implementazione, la gestione e la responsabilità degli aspetti di sicurezza delle attività di indagine geognostica ai sensi della vigente normativa D.Lgs. 81/08 e s.m.i.;
- l'implementazione, la gestione e la responsabilità degli aspetti ambientali delle attività di indagine geognostica in particolare in merito alle modalità di gestione di tutti i materiali di risulta delle attività svolte in sito e in laboratorio (quali ad esempio terreni, acque di perforazione, rifiuti, ecc.) e alla tutela dello stato di qualità delle matrici ambientali coinvolte nell'esecuzione dei lavori (atmosfera, suolo, sottosuolo, acque superficiali e sotterranee) ai sensi della vigente normativa D.Lgs. 152/06 e s.m.i.;
- il ripristino temporaneo e/o definitivo di tutte le aree interessate da indagini geognostiche.

In linea generale le aree di cantiere di indagine geognostica dovranno essere allestite con la posa di delimitazioni, segregazioni, cartellonistica stradale e informativa adeguate al tipo di mezzi e attrezzature utilizzate per l'esecuzione dei lavori. L'area di cantiere "tipo" per il singolo punto di indagine avrà dimensioni indicative di 4 m di larghezza per 20 m di lunghezza e comunque dimensioni adeguate al numero e alla tipologia di attrezzature e materiali da utilizzare.

Per ridurre l'impatto delle attività dei cantieri di indagine con il contesto urbano circostante, potrà essere formalmente richiesta dalla Direzione Lavori la messa in opera sulle recinzioni del cantiere di indagine di pannelli e/o teli che consentano un mascheramento e isolamento delle aree di lavoro e su cui siano stampate informazioni atte a consentire un'adeguata conoscenza dei lavori in esecuzione. Le caratteristiche dei pannelli/teli e le diciture da stampare dovranno essere preventivamente concordate ed approvate formalmente dalla Direzione Lavori.

1.2.8 Tutela delle acque sotterranee

Si specifica che in ottemperanza alla Legge Regionale della Regione Piemonte n. 22 del 30 aprile 1996 "Ricerca, uso e tutela delle acque sotterranee" che vieta la costruzione di opere che consentano la comunicazione tra le falde idriche contenute negli acquiferi profondi e la falda freatica contenuta nell'acquifero superficiale, nell'esecuzione delle perforazioni dei sondaggi geognostici e nell'installazione dei piezometri per il monitoraggio

dell'acquifero superficiale e dell'acquifero profondo l'Appaltatore dovrà adottare tutti gli accorgimenti operativi e realizzativi atti a garantire la separazione tra i sistemi acquiferi superficiale e profondo e la preservazione dello stato di qualità delle acque sotterranee. Nello specifico:

- in fase di esecuzione delle perforazioni è necessario che il geologo Direttore di Cantiere dell'Appaltatore conosca per ogni punto di indagine la quota/profondità prevista dell'orizzonte stratigrafico identificato come Base dell'Acquifero Superficiale (BAS) che costituisce un setto di separazione tra l'acquifero superficiale e quello profondo. Per ogni punto di indagine potenzialmente interferente con la BAS tale quota dovrà essere dedotta dalla vigente cartografia tematica della Regione Piemonte;
- in fase di installazione dei piezometri a tubo aperto per il monitoraggio della falda freatica non potranno essere realizzati completamenti della colonna di produzione che consentano la miscelazione delle acque dell'acquifero superficiale con quelle dell'acquifero profondo. La quota di base della colonna di monitoraggio piezometrico si dovrà attestare ad una quota superiore a quella della BAS dedotta dalla vigente cartografia tematica della Regione Piemonte;
- in fase di installazione dei piezometri elettrici per il monitoraggio della falda contenuta nell'acquifero profondo in cui la strumentazione di misura si dovrà attestare ad una quota inferiore a quella della BAS dedotta dalla cartografia tematica della Regione Piemonte, le operazioni di perforazione, di installazione della strumentazione e di chiusura/cementazione del foro dovranno essere eseguite con modalità operative tali da non consentire la miscelazione delle acque dell'acquifero superficiale con quelle dell'acquifero profondo. Per ogni punto di indagine potenzialmente interferente con l'acquifero profondo, la profondità di installazione della strumentazione geotecnica dovrà essere autorizzata preventivamente dalla Direzioni Lavori in funzione della stratigrafia del sondaggio risultata in fase di perforazione.

1.2.9 Indagini a fini geotermici

Le attività di indagine per la caratterizzazione geotermica dei terreni, con particolare riguardo all'esecuzione dei Test di Risposta Termica locale (TRT o GRT), dovranno essere eseguite in ottemperanza alle disposizioni normative vigenti ed in particolare al D.M. Ministero della Transizione Ecologica del 30 settembre 2022 recante le "Prescrizioni per la posa in opera degli impianti di produzione di calore da risorsa geotermica, destinata al riscaldamento e alla climatizzazione di edifici e misure di semplificazione per l'installazione" nonché al D.D. n°66 del 3 marzo 2016 della Regione Piemonte recante l'Approvazione delle "Linee guida regionali per l'installazione e la gestione delle sonde geotermiche". A tal proposito si ricorda infatti che per eseguire il TRT è necessario realizzare una vera e propria sonda geotermica a circuito chiuso ovvero (BHE) per mezzo della quale verrà condotto il test vero e proprio.

In particolare, per quanto riguarda le operazioni di scavo o perforazione del terreno, queste dovranno essere eseguite dall'Appaltatore con metodi funzionali alla corretta successiva cementazione ed in modo da evitare l'inquinamento del sottosuolo e delle acque, adottando altresì specifici accorgimenti e procedure atti ad evitare dispersioni di liquidi inquinanti o dannosi sul suolo o nel sottosuolo. Dovranno altresì essere adottate specifiche precauzioni tecniche per evitare il contatto idraulico tra falde differenti ed il loro rimescolamento. Il diametro di perforazione dovrà essere tale da consentire un'agevole discesa delle tubazioni di circolazione e di iniezione dei prodotti cementanti nonché la risalita degli stessi senza rischi di ostruzione o intasamento. In questo senso lo spessore utile dell'intercapedine tra le pareti del perforo e le tubazioni non dovrà essere inferiore a 30 mm e comunque tale da consentire il corretto passaggio del fluido cementante.

Il Direttore di Cantiere dell'Appaltatore dovrà verificare l'idoneità del prodotto utilizzato per la cementazione del foro, corrispondente in linea generale a malte cementizie premiscelate specifiche per l'uso geotermico, e, nelle specifiche condizioni di utilizzo, dovrà essere posto particolare riguardo alle pressioni che si determinano nella fase di cementazione, le quali inducono sollecitazioni allo schiacciamento delle tubazioni costituenti le sonde geotermiche che diventano critiche in profondità e con lo sviluppo della temperatura durante il consolidamento del cemento. La miscelazione della malta cementizia dovrà essere eseguita con miscelatori ad alta turbolenza concepiti per permettere un accurato controllo dei rapporti di miscelazione. L'iniezione dei prodotti cementanti dovrà essere eseguita dal basso verso l'alto tramite un tubo a perdere specificatamente dedicato, di lunghezza almeno pari alla profondità del foro e di diametro commisurato alla viscosità della malta cementizia (preferibilmente non inferiore a 32 mm), calato nella perforazione insieme alle tubazioni della sonda geotermica. Le operazioni di cementazione del foro e di estrazione della colonna di rivestimento devono essere fatte, se possibile, simultaneamente. Il riempimento con malta cementizia potrà considerarsi completo quando affiorerà il materiale in superficie. Qualora il livello scenda è necessario reintegrare dal basso utilizzando lo

stesso tubo di iniezione, altrimenti utilizzando un nuovo tubo per tutta la lunghezza disponibile. Qualora si evidenzino cospicue perdite di fluidi di cementazione si dovrà darne pronto avviso alla Direzione Lavori che potrà autorizzare specifiche metodologie atte a contenerle (packers). Qualora non si riesca a far affiorare il materiale di riempimento è necessario interrompere completamente il lavoro, dandone pronta comunicazione alla Direzione Lavori. Dopo aver ricevuto autorizzazione da quest'ultima si potrà procedere alla perforazione di una nuova sonda.

I materiali impiegati nell'installazione delle sonde geotermiche a circuito chiuso dovranno possedere caratteristiche adeguate a quanto previsto dalle norme tecniche UNI, in quanto applicabili, e non dovranno in alcun caso alterare le caratteristiche chimico-fisiche dei terreni e degli acquiferi interessati, né causare fenomeni di inquinamento. Sulle tubazioni dovranno essere impressi i seguenti dati: costruttore, tipo di tubazione, diametro, materiale, progressive metriche certificate dal fornitore e dall'installatore e, nel caso di materiale plastico, la data di fabbricazione. Le sonde in materiale plastico avranno il terminale al piede preferibilmente saldato in fabbrica; sia il raccordo sia la saldatura dovranno possedere un comportamento meccanico almeno pari a quello della tubazione che costituisce la sonda geotermica. La zavorra per il calaggio della tubazione nel foro sarà costituita da materiali inerte nei confronti delle acque sotterranee. Inoltre, l'attacco di fissaggio della zavorra dovrà garantire che in caso di rottura non venga compromessa la tenuta idraulica della tubazione. Durante l'installazione si avrà cura che le tubazioni non vengano sottoposte a pressioni superiori a quella nominale evitando al tempo stesso l'utilizzo di mezzi meccanici per spingere la tubazione all'interno del perforo. I terminali delle tubazioni dovranno essere accessibili ed ispezionabili anche successivamente al completamento dell'impianto e dovranno sbordare dalla porzione cementata per una lunghezza sufficiente all'installazione dei raccordi per l'effettuazione della prova.

Nel corso delle operazioni dovranno essere eseguite prove di tenuta con acqua e/o aria prima e dopo l'inserimento nel terreno e dopo la cementazione, avendo cura di attendere la completa maturazione del cemento come da specifica del fornitore e comunque per un periodo non inferiore a 21 giorni.

Il fluido vettore da utilizzare nel circuito chiuso dovrà essere a basso impatto ambientale, non dovrà essere nocivo per la salute umana e per l'ambiente acquatico e dovrà essere biodegradabile. In preferenza si dovrà quindi utilizzare l'acqua potabile, eventualmente addizionata con glicole propilenico a uso alimentare o altro anticongelante con caratteristiche equivalenti in termini di tossicità e biodegradabilità. Non sarà ammesso l'utilizzo o l'additivazione con antialgali, alcoli o glicole etilenico.

1.2.10 Sottoservizi e strutture/manufatti interrati

Prima dell'inizio dei lavori di indagine e preventivamente all'esecuzione dei prescavi dovranno essere reperite dall'Appaltatore le planimetrie aggiornate dei sottoservizi pubblici (idrici, fognari, elettrici, gas, teleriscaldamento, servizi informatici e telefonici, ecc.) e privati, sia in esercizio che dismessi, e di strutture/manufatti interrati presenti nelle aree di indagine. Preventivamente all'esecuzione dei prescavi dovrà essere eseguito il tracciamento in superficie (c.d. "mark-out") con idonei strumenti e soluzioni (ad esempio con l'utilizzo di vernice spray, picchetti segnalatori, chiodi topografici, ecc.) del punto di indagine e dei sottoservizi e/o strutture/manufatti interrati presenti entro un raggio di 3 metri dallo stesso. Qualora la profondità di posa accertata o presunta di sottoservizi e/o strutture/manufatti interrati presenti entro un raggio di 3 m dal punto di indagine sia superiore a 2,5 m da p.c. ovvero superiore alla massima profondità di indagine che si ritiene raggiungibile dai prescavi, dovranno essere eseguiti specifici sopralluoghi congiunti tra l'Appaltatore e gli Enti/Soggetti proprietari dei sottoservizi e/o strutture/manufatti interrati atti ad accertare congiuntamente la localizzazione e la profondità degli stessi e, ove possibile, eseguirne il tracciamento in superficie della loro posizione rilevata in fase di sopralluogo. Sarà facoltà dell'Appaltatore eseguire preventivamente ai prescavi specifiche indagini indirette per la localizzazione dei sottoservizi e/o strutture/manufatti interrate (quali p. es. georadar, cercaservizi elettrici) previa condivisione e approvazione delle modalità operative da parte della Direzione Lavori. La responsabilità e il ripristino di danni

1.2.11 Prescavi

In funzione del contesto urbano antropizzato entro cui è prevista la realizzazione delle indagini geognostiche in sito, tutte le attività di perforazione dei sondaggi dovranno essere precedute in ognuno dei punti di indagine dall'esecuzione di prescavi che si ritengono indispensabili al fine di evitare il possibile intercettamento e/o

danneggiamento di sottoservizi e/o strutture/manufatti interrati presenti in corrispondenza delle verticali d'indagine geognostica.

I prescavi saranno realizzati con escavatore a risucchio (c.d. "Vacuum Excavator") a profondità minima di 2,0 m da p.c., da rivalutare in campo in funzione del contesto locale e previa approvazione della Direzione Lavori dell'effettiva profondità di prescavo necessaria. L'impronta indicativa del prescavo eseguito a risucchio avrà dimensioni pari a circa 0,5 m x 0,5 m.

Qualora durante l'esecuzione del prescavo l'Appaltatore individui la presenza di sottoservizi e/o strutture/manufatti interrati all'interno dello scavo dovrà documentare con fotografie il rinvenimento annotando in apposita scheda di prescavo la tipologia e la profondità del rinvenimento e dandone immediata comunicazione alla Direzione Lavori per concordare le modalità operative di avanzamento del prescavo o un nuovo posizionamento del punto di indagine.

Laddove fosse necessario operare in zone ad elevata densità di sottoservizi in esercizio al fine di individuarne con certezza l'esatta ubicazione, la Direzione Lavori per evitare il rischio di interruzione nella erogazione di servizi pubblici e/o privati e per la stessa sicurezza delle maestranze, può ordinare l'esecuzione di uno scavo di ricognizione preventivo, di dimensioni minime di 1x1x1 metri, da effettuarsi prevalentemente a mano o con tecnologie idonee a garantire il non danneggiamento dei sottoservizi, finalizzato alla messa allo scoperto dei sottoservizi stessi e per consentire l'eventuale posa all'interno dello scavo di un c.d. "tubo guida" che permetta l'esecuzione della perforazione in condizioni di sicurezza.

La stratigrafia dei terreni/materiali superficiali che risulterà entro la profondità di indagine raggiunta dai prescavi dovrà essere registrata su un'apposita scheda relativa ad ogni prescavo e riportata nel dettaglio nella scheda stratigrafica relativa al sondaggio che sarà successivamente realizzato nel punto di indagine. Il prelievo di campioni ambientali superficiali entro le profondità di prescavo (terreni, riporti antropici, materiali antropici) dovrà essere eseguito prelevando il materiale da campionare in fase di avanzamento del prescavo e/o direttamente dalle pareti dello stesso.

Nell'attività di prescavo è compreso il successivo rinterro del foro di prescavo e il ripristino temporaneo del sedime stradale e/o della pavimentazione e/o della superficie manomessa. Il rinterro dello scavo potrà essere eseguito con nuovo materiale certificato in termini di qualità merceologica e ambientale o, qualora possibile, con lo stesso terreno estratto; il materiale di riempimento dovrà essere opportunamente compattato per singoli strati di massimo 50 cm. Per il lasso di tempo intercorrente tra l'esecuzione del prescavo e la perforazione dei sondaggi potranno essere eseguiti ripristini temporanei "provvisori" che dovranno garantire la sicurezza della pavimentazione nel periodo di tempo intercorrente tra la realizzazione del ripristino "provvisorio" e il completamento del ripristino definitivo.

Laddove sono presenti pavimentazioni stradali e/o di marciapiedi costituite da materiali bituminosi (asfalto) e/o da materiale lapideo (masselli, cubetti, lastre) queste dovranno essere rimosse e ripristinate dall'Appaltatore attenendosi alle prescrizioni previste dagli specifici regolamenti della Città di Torino riportati in allegato ("Regolamento per l'esecuzione delle manomissioni e dei ripristini su sedimi stradali della Città da parte dei concessionari del sottosuolo") cui si rimanda per maggiori dettagli. Nel caso di pavimentazione in materiale bituminoso (asfalto) questa dovrà essere rimossa tramite martello demolitore e/o taglio con clipper motorizzata a disco diamantato eseguito sui bordi della zona di prescavo e ripristinata a fine lavori. Nel caso di pavimentazione in materiale lapideo (masselli, cubetti, lastre) questa andrà rimossa evitando il danneggiamento dei masselli/lastre/cubetti che dovranno essere conservati a cura dell'Appaltatore per la durata dell'indagine per essere ripristinati allo stato originario a fine lavori di indagine.

1.2.12 Rilievo planoaltimetrico dei punti di indagine

L'ubicazione planoaltimetrica definitiva di ciascun punto di indagine eseguito dovrà essere rilevata dall'Appaltatore mediante la rilevazione delle coordinate planimetriche x, y (con precisione minima dell'ordine di 20 cm) e della quota assoluta z (espressa in m s.l.m. con precisione dell'ordine di 5 cm) con tecnologia satellitare (GPS) e/o con strumentazione elettro-ottica riferendola ai capisaldi topografici che saranno forniti dalla Direzione Lavori.

I risultati del rilievo planoaltimetrico di ogni punto di indagine realizzato dovranno essere restituiti sotto forma di coordinate geografiche e cartografiche espresse nei seguenti sistemi di riferimento:

- WGS84/UTM zone 32N – Datum: WGS84 – Proiezione: UTM – Zona: 32N – EPSG: 32632;
- SISTEMA ISOMETRICO MTL2 (Metropolitana Torino Linea 2) "ISO250" - DEFINIZIONE 2021.

Per i punti di indagine in cui saranno installati piezometri per il monitoraggio delle acque sotterranee, in aggiunta ai precedenti dati dovrà essere rilevata e restituita anche la quota assoluta espressa in m s.l.m. della testa della tubazione piezometrica installata (quota assoluta testa tubo piezometrico).

1.2.13 Ripristini superficiali

Il ripristino superficiale di tutte le aree manomesse per l'esecuzione delle indagini sarà a carico dell'Appaltatore. I ripristini delle pavimentazioni stradali e dei marciapiedi costituiti da materiali bituminosi (asfalto) e da materiale lapideo (masselli, cubetti, lastre) dovranno essere eseguiti dall'Appaltatore attenendosi alle prescrizioni previste dallo specifico regolamento della Città di Torino inerente la manomissione e ripristino del suolo pubblico riportato in allegato ("Regolamento per l'esecuzione delle manomissioni e dei ripristini su sedimi stradali della Città da parte dei concessionari del sottosuolo") cui si rimanda per maggiori dettagli.

I ripristini delle aree verdi eventualmente manomesse nell'esecuzione dei lavori dovranno essere eseguiti dall'Appaltatore attenendosi alle prescrizioni previste dallo specifico regolamento della Città di Torino inerente la manomissione del verde pubblico cui si rimanda per maggiori dettagli e alle prescrizioni che potranno essere formulate dai competenti Uffici della Città di Torino riportate nelle bolle manomissione del verde pubblico.

L'Appaltatore sarà responsabile dei ripristini superficiali che entro un anno dalla loro ultimazione mostrassero segni di cedimento in superficie, nel sottofondo o erosioni del manto bituminoso imputabili a deficienza dei materiali usati e/o all'esecuzione dei lavori non a regola d'arte.

Nei punti di indagine in cui è prevista l'installazione di strumentazione geotecnica con relativi pozzetti protettivi di chiusura/ispezione questi dovranno essere del tipo "sporgente" con lucchetto, nelle aree non urbanizzate, e del tipo "carrabile" (classe di carico min C250) allineato alla sede stradale o ad altra pavimentazione, per tutte le aree urbane.

Per il lasso di tempo intercorrente tra l'esecuzione del prescavo e la perforazione dei sondaggi potranno essere eseguiti ripristini "provvisori" che dovranno garantire la percorribilità in sicurezza di utenti, veicoli e mezzi. Durante l'esecuzione dei lavori, compreso il periodo intercorrente tra l'eventuale ripristino provvisorio e quello definitivo, non si dovranno generare cedimenti o distacchi anche parziali delle pavimentazioni o dei riempimenti, tali da costituire pericolo per utenti, veicoli e mezzi. A tal proposito si specifica che il periodo di tempo intercorrente tra la realizzazione del ripristino "provvisorio" del prescavo e il completamento del ripristino definitivo della pavimentazione superficiale non potrà in ogni caso superare i 7 giorni naturali consecutivi dalla data di completamento del prescavo.

1.2.14 Laboratori di prova e analisi

I laboratori di prova e analisi che saranno utilizzati dall'Appaltatore dovranno essere in possesso dei seguenti requisiti in corso di validità:

- certificazione sistema di Gestione Qualità in conformità alla norma UNI EN ISO 9001:2015, relativamente ai servizi di analisi di laboratorio;
- certificazione sistema di Gestione Ambientale in conformità alla norma UNI EN ISO 14001:2015;
- certificazione sistema di Gestione della Salute e Sicurezza dei Lavoratori in conformità alla norma UNI EN ISO 45001:2018;
- accreditamento ACCREDIA (Sistema Nazionale per Accredimento Laboratori) in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018.

Il laboratorio di prove e analisi geotecniche utilizzato dall'Appaltatore dovrà essere in possesso di Autorizzazione Ministeriale ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001 in corso di validità rilasciata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ai sensi della Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7618/STC del 8 settembre 2010 per prove su terre e rocce.

Il laboratorio di analisi ambientali utilizzato dall'Appaltatore dovrà essere iscritto nella Lista dei laboratori qualificati ad effettuare analisi sull'amianto ai sensi del DM 14/05/96 con autorizzazione in corso di validità rilasciata dal Ministero della Salute.

1.2.15 Documentazione

La documentazione dei lavori svolti (Giornale di Cantiere, dati di sondaggio, schede stratigrafiche, Catene di Custodia dei campioni, Rapporti di Prova, ecc.) dovrà essere costantemente aggiornata nel corso dell'avanzamento dei lavori e dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori con frequenza minima settimanale e/o con frequenza maggiore su espressa richiesta della stessa.

La documentazione definitiva dei lavori svolti dovrà essere consegnata in formato cartaceo e digitale, secondo gli standard richiesti dalla Direzione Lavori, entro e non oltre 15 giorni naturali e consecutivi dal completamento dei lavori in sito, salvo diversa prescrizione formale della stessa Direzione Lavori.

2. INDAGINI E PROVE IN SITO

2.1 Sondaggio geognostico a carotaggio continuo

2.1.1 Definizioni

Il sondaggio geognostico a carotaggio continuo consiste nella perforazione a carotaggio continuo nelle terre e nella descrizione della stratigrafia con modalità e osservazioni tali da consentire una caratterizzazione geotecnica dei terreni attraversati.

Si definisce sondaggio geotecnico a carotaggio continuo una perforazione caratterizzata dalle seguenti modalità esecutive:

- * carotaggio continuo e rappresentativo del terreno attraversato;
- * descrizione stratigrafica dei terreni attraversati;
- * prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno;
- * esecuzione di prove geognostiche in foro;
- * determinazione del livello piezometrico della falda, se presente;
- * annotazione di osservazioni atte alla caratterizzazione geotecnica del terreno.

Il dettaglio delle modalità esecutive del sondaggio (profondità e diametro della perforazione, tipo e profondità delle prove in sito, tipo e profondità dei campioni, ecc.) sarà contenuto nel progetto delle indagini fornito dall'Appaltatore prima dell'inizio delle indagini.

Nel seguito si definiscono le caratteristiche delle attrezzature di perforazione da impiegarsi e le operazioni più direttamente connesse alla perforazione e al riconoscimento stratigrafico.

2.1.2 Normative e specifiche di riferimento

- AGI - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, 1977;
- ANISIG - Analisi tipo dei prezzi per lavori di indagine geognostica - "Modalità tecnologiche per l'esecuzione di indagini geognostiche e l'installazione e la gestione di impianti di monitoraggio";
- EN 1997-2:2007 - Eurocodice 7 – Geotechnical Design – Part 2: Ground Investigation and testing. Requirements for the execution, interpretation and use of results of laboratory tests to assist in the geotechnical design of structures.

2.1.3 Attrezzature e materiali

2.1.3.1 Attrezzature di perforazione

Le perforazioni di sondaggio dovranno essere eseguite con l'ausilio di perforatrici idrauliche le quali, tramite delle aste tubolari di acciaio, trasmetteranno all'utensile a queste collegato, la spinta e la coppia necessarie per il suo avanzamento nel terreno.

Ogni sonda a rotazione con testa idraulica dovrà possedere i seguenti requisiti minimi:

- | | |
|---|---|
| – velocità di rotazione | 0 ÷ 500 rpm |
| – coppia massima | ≥ 4000 Nm |
| – corsa continua | ≥ 1,5 m |
| – spinta | ≥ 40000 N |
| – tiro | ≥ 40000 N |
| – pompa per fluidi di perforazione | pressione 30÷60 bar
portata 90÷200 litri |
| – pompa ad alta pressione (100 bar) per campionamento | presente |

La pompa sarà dotata di un circuito supplementare per il rabbocco del fluido a testa foro.

Nel caso di impiego di fanghi di circolazione dovrà essere disponibile, in prossimità della sonda, l'impianto per la preparazione ed il recupero degli stessi.

Tutte le attrezzature operanti dovranno essere dotate di idoneo manometro avente lo scopo di controllare rapidamente che non vi siano sovrappressioni del fluido di perforazione sia durante la perforazione sia durante il prelievo di campioni.

Il corredo della sonda dovrà essere completo di tutti gli accessori necessari per l'esecuzione del lavoro a norma di specifica e degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità.

2.1.3.2 Utensili di perforazione

Si definiscono come utensili di perforazione i seguenti utensili:

- carotiere semplice con valvola in testa a sfera e calice per perforazione a secco:
 - diametro nominale $\varnothing_{est} = 101 \div 131$ mm
 - lunghezza utile $l = 150 \div 300$ cm;
- carotiere doppio a corona sottile (T2, T6) con estrattore per perforazione con fluido:
 - diametro nominale $\varnothing_{est} = 101$ mm;
 - lunghezza utile $l = 150 \div 300$ cm;
- carotiere triplo con porta campione interno estraibile ed apribile longitudinalmente (T6S), con estrattore per perforazione con fluido:
 - diametro nominale $\varnothing_{est} = 101$ mm;
 - lunghezza utile $l = 150$ cm;
- corona di perforazione in widia e/o a diamante di vario tipo a seconda della natura del terreno;
- aste di perforazione con filettatura tronco-conica:
 - diametro nominale $\varnothing_{est} = 67 \div 76$ mm;
 - lunghezza utile $l = 150$ cm.

Gli utensili sopra elencati dovranno essere disponibili in sito in tutti i casi in cui siano impiegabili.

2.1.3.3 Utensili di pulizia fondo foro

Si definiscono come utensili di pulizia fondo foro i seguenti utensili:

carotiere semplice, lunghezza = 40÷80 cm;

attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione di fluido uscente dall'utensile, con inclinazione di 45°÷90° rispetto alla verticale;

campionatore a pareti grosse, diametro $\varnothing = 100$ mm, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

2.1.3.4 Tubazione di rivestimento provvisorio

La tubazione di rivestimento provvisorio deve avere un diametro adeguato al diametro dell'utensile di perforazione, e deve essere infissa dopo ogni manovra, fino alla quota raggiunta dalla perforazione stessa.

Di norma le pareti del foro di sondaggio saranno stabilizzate con rivestimento metallico della "serie pesante" (RP) con le seguenti caratteristiche:

spessore del tubo $s = 8 \div 10$ mm;
diametro esterno $\varnothing_{est} = 127 \div 152$ mm;
lunghezza spezzoni $l = 50 \div 150$ cm.

Nell'infissione del rivestimento, così come nella perforazione quando eseguita con fluido di circolazione, si adatteranno quegli accorgimenti atti ad evitare ogni disturbo del terreno naturale.

In particolare, la portata del fluido di circolazione immesso e la velocità di avanzamento dovranno essere tali da evitare un sensibile aumento della pressione del fluido in testa alla batteria in modo che il disturbo arrecato al terreno sia contenuto nei limiti minimi.

2.1.3.5 Fluidi di circolazione

Il fluido di circolazione durante l'avanzamento del rivestimento e, qualora consentito, nelle fasi di perforazione, potrà essere costituito da:

- acqua pulita;
- fango bentonitico.

Il fango bentonitico dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- viscosità, misurata con viscosimetro Marsh, maggiore di 45 gradi Marsh;
- acqua libera minore o uguale al 2%.

La confezione e la circolazione del fango bentonitico dovranno essere eseguiti mediante l'uso di adeguati mescolatori, pompe, vasche di decantazione ed eventuali additivi di appesantimento o intasanti.

La composizione del fango bentonitico prima dell'impiego dovrà possedere i requisiti di uniformità, costanza e stabilità richiesti, e durante l'impiego non dovrà dare luogo a fenomeni di flocculazione.

L'uso di sola acqua pulita è tassativamente prescritto nei tratti di foro in cui si debbano eseguire prove di permeabilità in foro. Anche nel caso di installazione di piezometri sarà ammesso esclusivamente l'uso di acqua pulita.

Non è consentito l'uso di additivi chimici nei fluidi di circolazione (p. es. polimeri).

L'Appaltatore potrà proporre l'uso di fluidi di circolazione diversi dai sopra elencati, subordinandone comunque l'uso alla preventiva approvazione della Direzione Lavori, alla condizione che in ogni caso il fluido prescelto, oltre ad esercitare le funzioni di raffreddamento, asportazione detriti ed eventuale sostentamento, sia in grado di non pregiudicare la qualità del carotaggio, l'esito delle prove geotecniche, il funzionamento della strumentazione e la qualità ambientale del sottosuolo e delle acque sotterranee.

2.1.3.6 Strumenti per la descrizione geotecnica

Devono far parte del corredo permanente della sonda perforatrice i seguenti strumenti portatili:

- Scandaglio a filo graduato, per la misura della quota di fondo foro raggiunta dalla perforazione;
- Sonda freaticometrica elettrica per la misura del livello d'acqua nel foro e nei piezometri;
- Penetrometro tascabile (pocket penetrometer) con fondo scala di 0.5 e 1 Mpa (5 e 10 kg/cm²);
- Scissometro tascabile (torvane) con fondo scala di 100 e 240 kPa (1 e 2.4 kg/cm²).

2.1.4 Modalità esecutive

Il sondaggio geognostico dovrà essere eseguito come di seguito specificato.

a) Installazione dell'attrezzatura sulla verticale di sondaggio

L'attrezzatura di perforazione dovrà essere posizionata sulla verticale da indagare in modo che l'inclinazione ed eventualmente la direzione del foro non cambino in seguito a spostamenti accidentali dell'attrezzatura stessa.

Il posizionamento dell'attrezzatura in situazioni che possono determinarne il suo spostamento dovrà essere preceduto dalla preparazione di una idonea piazzola di lavoro mediante l'impiego di riporto granulare o utilizzando travi di legno o altri materiali.

Nel caso di attrezzature di perforazione "leggere", sarà opportuno ancorarle per mezzo di eliche, viti a pressione, corpi morti o mezzi simili.

Prima di iniziare la perforazione occorre orientare la guida di scorrimento della testa di rotazione della sonda secondo l'inclinazione e la direzione desiderata.

Quando è prevista l'esecuzione di fori verticali, l'inclinazione dovrà essere controllata normalmente con livella a bolla di lunghezza non inferiore a 50 cm, oppure con filo a piombo. Nel caso di fori inclinati dovrà essere usato un apposito goniometro o stazione totale (teodolite elettronico), controllato tramite calcoli trigonometrici. Le aste di perforazione e il carotiere dovranno essere mantenuti in guida, nella fase iniziale, per mezzo di centratori posizionati in superficie in corrispondenza del freno-svita aste idraulico.

In prossimità del foro, una volta posizionata la sonda, verrà infisso un picchetto di legno al quale si fa riferimento per misurare la profondità relativa in foro.

b) Perforazione a carotaggio in terreni sciolti

La perforazione a carotaggio nei materiali sciolti quali argilla, limo, sabbia, ghiaia e ciottoli sarà eseguita impiegando il carotiere semplice.

Il carotiere semplice è un utensile di perforazione consistente in un tubo di acciaio la cui estremità inferiore è costituita da una corona provvista generalmente di inserti di Widia. All'estremità superiore sarà posizionata una valvola di non ritorno a sfera, che impedisce all'acqua presente nelle aste di perforazione di venire a contatto con la carota riducendone così il disturbo e la possibilità che la carota stessa fuoriesca dal carotiere. L'avanzamento del carotiere dovrà avvenire sempre a secco, ovvero senza impiego di fluidi di perforazione, per impedire il dilavamento delle frazioni fini. Per evitare l'essiccamento del materiale e la formazione dei cosiddetti "tappi" (materiale "bruciato"), nei livelli sabbiosi e/o ghiaiosi, occorre regolare la velocità di rotazione su valori bassi e incrementare la pressione di spinta, ovvero avanzare per mezzo della sola pressione di spinta, senza rotazione, mediante piccoli movimenti in su e giù della batteria di aste collegate alla testa di rotazione o all'organo di sollevamento.

Nel caso di livelli estremamente molli sarà necessario posizionare in prossimità della corona un portaestrattore con estrattore a cestello per impedire al materiale di sfilarsi.

Terminata la manovra di carotaggio si procederà estraendo il carotiere molto lentamente, mantenendo allo stesso tempo il battente d'acqua nel foro il più elevato possibile con continui rabbocchi, al fine di evitare che la carota si sfili per effetto pistone.

In ogni caso, soprattutto nei materiali granulari (sabbia e ghiaia), per evitare che la carota si sfilii, sarà necessario eseguire il cosiddetto "tappo", cioè essiccare fino quasi a fondere (bruciare) il materiale in modo che si attacchi alle pareti del carotiere; tale operazione interesserà esclusivamente gli ultimi 10-20 cm circa di carotaggio e sarà eseguita mediante rotazione e spinta sull'utensile.

Il carotaggio dovrà essere integrale e rappresentativo del terreno attraversato, con percentuale di recupero \geq 90%.

Qualora l'espulsione della carota dal carotiere avvenga mediante pressione idraulica, dovranno essere impiegati appositi tamponi a tenuta per evitare che il fluido vada a contatto con il campione in estrusione causando possibili dilavamenti delle parti fini.

I carotieri saranno azionati ad aste. È ammesso, in alternativa, l'uso di sistemi "wire-line" purché si ottenga la richiesta percentuale di carotaggio e non si producano dilavamenti e/o rammollimenti del materiale. L'utilizzo di sistemi "wire-line" dovrà comunque essere subordinato ad approvazione da parte della Direzione Lavori.

c) Lunghezza delle manovre di perforazione

La lunghezza delle manovre di perforazione sarà adeguata alle caratteristiche dei terreni attraversati; normalmente la lunghezza delle manovre varia da 1.5 a 3 metri, ma molto spesso risulta necessariamente minore per consentire una soddisfacente percentuale di recupero.

La lunghezza delle manovre di perforazione sarà misurata e riportata, a cura del geologo responsabile del cantiere, in una apposita colonna del modulo stratigrafico.

d) Rivestimento provvisorio

La perforazione sarà seguita dal rivestimento provvisorio in assenza di sufficiente autosostentamento delle pareti del foro.

Il rivestimento provvisorio dovrà sempre essere utilizzato nei casi in cui sia previsto il prelievo di campioni indisturbati o l'esecuzione di prove (SPT, Van Test, Lefranc ecc.) all'interno del foro per garantire la stabilità del foro stesso e la possibilità della pulizia del fondo foro prima dell'esecuzione delle attività programmate.

Le manovre di rivestimento potranno essere eseguite con l'uso di fluido in circolazione, curando che la pressione del fluido sia la minore possibile e controllandola mediante manometro.

e) Pulizia del fondo foro

La quota del fondo foro sarà misurata con scandaglio a filo graduato prima di ogni manovra di campionamento indisturbato, di prova geotecnica SPT o di prova scissometrica.

Apposite manovre di pulizia saranno eseguite qualora la differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio superi le seguenti tolleranze:

- 7 cm, prima dell'uso di campionatori privi di pistone fisso o sganciabile meccanicamente e di prove SPT;
- 10 cm, prima dell'uso di campionatori con pistone fisso o sganciabile meccanicamente.

f) Campionamento in foro e prove geotecniche

In tutti i casi il prelievo di campioni in foro o l'esecuzione di prove geotecniche dovranno seguire alla manovra di pulizia di fondo foro la quale sarà eseguita una volta ultimata la manovra di infissione del rivestimento provvisorio per la stabilità delle pareti del foro.

Tale procedura si rende necessaria per evitare che il prelievo o la prova interessino uno strato di terreno disturbato dal getto di fluido utilizzato per l'avanzamento del rivestimento.

2.1.5 Rilievo geotecnico

2.1.5.1 Descrizione stratigrafica

La descrizione stratigrafica del sondaggio dovrà essere redatta dal geologo responsabile di cantiere, che dovrà specificare per ogni strato individuato:

- a) tipo di terreno (granulometria e grado di arrotondamento dei clasti);
- b) condizioni di umidità naturale;
- c) compattezza (consistenza o addensamento);
- d) alterazione;
- e) colore;
- f) struttura;
- g) particolarità.

a) Tipo di terreno

Il compilatore farà riferimento alla seguente tabella:

Granulometria

<i>Definizione</i>		<i>diametro dei grani [mm]</i>	<i>criteri di identificazione</i>
blocchi		>200	- visibili ad occhio nudo
ciottoli		60-200	- visibili ad occhio nudo
ghiaia	Grossolana	20-60	- visibile ad occhio nudo
	Media	6-20	
	Fine	2-6	
sabbia	Grossolana	0.6-2	- visibile ad occhio nudo
	Media	0.2-0.6	
	Fine	0.06-0.2	
limo		0.002-0.06	- solo se grossolano è visibile a occhio nudo - poco plastico - dilatante - lievemente granulare al tatto - si disgrega velocemente in acqua - si essicca velocemente - possiede coesione ma può essere polverizzato tra le dita
argilla		<0.002	- plastica - non dilatante - liscia al tatto - appiccica alle dita - si disgrega in acqua lentamente - asciuga lentamente - si ritira durante l'essiccazione - i frammenti asciutti possono essere rotti ma non polverizzati fra le dita
terreno organico o vegetale			- contiene una rilevante percentuale di sostanze organiche vegetali
torba			- predominano i resti lignei non mineralizzati - colore scuro - bassa densità

Nella stesura della descrizione verrà elencato per primo il nome del costituente principale seguito dal costituente secondario nella seguente forma, in accordo alle Raccomandazioni AGI (1977):

- preceduto dalla congiunzione "con" se rappresenta una percentuale compresa tra il 25 ed il 50%;
- seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 10 ed il 25%;
- preceduto da "debolmente" e seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 5 ed il 10%.

Della frazione ghiaiosa e ciottolosa occorre specificare il grado di arrotondamento, con riferimento alla tabella che segue:

Grado di Arrotondamento

<i>Definizione</i>	<i>Descrizione</i>
Angolare	nessuno smussamento
sub-angolare	mantiene forma originale con evidenze di smussamento evidenze di smussamento
sub-arrotondata	smussamento considerevole e riduzione dell'area di superficie del clasto
arrotondata	rimozione delle superfici originali con qualche superficie piatta
ben arrotondata	superficie interamente compresa da curve ben arrotondate

Si deve anche precisare il diametro massimo (\varnothing_{max}) di ghiaia, ciottoli o blocchi e precisare il grado di uniformità della composizione granulometrica.

Dovrà anche essere evidenziata la eventuale frantumazione dovuta alle operazioni di carotaggio.

b) Condizioni di umidità naturale

Le condizioni di umidità naturale del terreno saranno definite utilizzando uno dei seguenti termini:

- asciutto;
- debolmente umido;
- umido;
- molto umido;
- saturo.

Si dovrà descrivere la condizione propria del terreno naturale, escludendo quanto indotto dalla circolazione di fluido connesso alle modalità di perforazione adottate.

c) Compattezza

Il grado di compattezza dovrà essere descritto in termini di consistenza nel caso di terreni coesivi (argille e limi) e in termini di addensamento nel caso di terreni non coesivi (sabbie e ghiaie).

Lo stato di consistenza dei terreni coesivi verrà descritto sulla base delle prove manuali indicate nella tabella che segue e misurando la resistenza al penetrometro tascabile sulla carota appena estratta e scortecciata con frequenza di 1 prova ogni 30÷50 cm (purché il materiale non sia fortemente disturbato). In aggiunta alle prove eseguite con il penetrometro tascabile dovranno essere eseguite, sempre sulla carota appena estratta e scortecciata e alternandole alle prime, prove con lo scissometro tascabile; i risultati dovranno essere annotati nell'apposita colonna in stratigrafia.

Stato di Consistenza dei Terreni Coesivi

<i>Definizione</i>	<i>Resistenza al penetrometro tascabile [kg/cm²]</i>	<i>Prove manuali</i>
molto tenero	< 0.25	– espelle acqua quando strizzato fra le dita
tenero	0.25 - 0.5	– si modella fra le dita con poco sforzo – si scava facilmente
mediamente consistente	0.5 - 1.0	– si modella fra le dita con un certo sforzo – offre una certa resistenza allo scavo
consistente	1.0 - 2.0	– non si modella fra le dita – è difficile da scavare
molto consistente	2.0 - 4.0	– è molto resistente fra le dita – si scava con molta difficoltà
Duro	> 4.0	

Il grado di compattezza dei terreni non coesivi (addensamento) verrà descritto con riferimento alla tabella che segue, sulla base dei risultati di prove SPT:

Grado di addensamento dei terreni non coesivi

<i>descrizione</i>	<i>N_{SPT}</i> <i>[colpi/30 cm]</i>	<i>prove manuali</i>
sciolto	0-4	– si scava facilmente con un badile
poco addensato	4-10	– si scava abbastanza facilmente con un badile e si penetra con una barra
moderatamente addensato	10-30	– difficile da scavare con un badile o da penetrare con una barra
addensato	30-50	– molto difficile da penetrare; si scava con un piccone
molto addensato	>50	– difficile da scavare con un piccone

d) Alterazione

Nel caso di sondaggi in terreni grossolani si dovrà evidenziare la presenza di ghiaia o ciottoli alterati definendo il tipo e il grado di alterazione (sviluppo di cortex superficiali, arenizzazione dei clasti cristallini e metamorfici, decarbonatazione e argillificazione dei clasti carbonatici) e, se possibile, la percentuale dei clasti alterati.

e) Colore

Nel caso di sondaggi in terreno il colore dovrà essere descritto facendo riferimento alle carte colorimetriche Munsell, con definizione del colore dominante e della sua gradazione (*hue*), della luminosità relativa (*value*) e del tono (*chroma*) e del nome corrispondente (ad es. 5YR 5/3 bruno-rossastro). Nel caso di terreni grossolani il colore da descrivere è quello della matrice.

f) Struttura

Si definiranno gli elementi significativi della struttura dei terreni, indicando con struttura la presenza o assenza di discontinuità, con riferimento a quanto di seguito specificato.

Stratificazione

Si dovranno indicare i piani di strato visibili, precisandone la spaziatura, in accordo alla seguente tabella:

Stratificazione

<i>spaziatura media</i> <i>[mm]</i>	<i>Descrizione</i>
> 2000	stratificazione in banchi
600÷2000	strati di elevato spessore
200÷600	strati di medio spessore
60÷200	strati di sottile spessore
20÷60	strati di spessore molto sottile
6÷20	Laminazione
< 6	sottile laminazione

Si indichi anche la presenza di eventuali strutture sedimentarie, quali stratificazione o laminazione incrociate. Regolari alternanze di diversi tipi litologici (es. sabbie e argille) possono essere definite con il termine di "interstratificazione".

Strutture particolari

Si dovranno indicare la presenza e le caratteristiche di strutture particolari legate a processi di alterazione o trasporto, quali la presenza di clasti in matrice soffice o porzioni di materiale poco alterato in matrice profondamente alterata, e simili.

g) Particolarità aggiuntive

Si devono indicare tutte le caratteristiche significative ai fini della caratterizzazione geotecnica dei terreni, le quali non siano già inserite in qualcuno dei già elencati parametri descrittivi.

Si segnali a titolo di esempio la presenza di quanto segue:

- radici;
- manufatti, terreni di riporto, materiali di discarica;
- fossili o residui organici vegetali;
- sostanze deperibili, friabili, solubili;
- cementazione più o meno regolare e relativo grado.

2.1.6 Casette catalogatrici

Le carote estratte nel corso della perforazione verranno sistemate in apposite cassette catalogatrici munite di setti divisorii e coperchio, che consentano la conservazione di 5 m di carotaggio. Gli scomparti dovranno essere rivestiti con un foglio di plastica continuo che deve poi proseguire come coperchio. Dentro i singoli setti dovranno poi essere inserite delle canalette in PVC, di uguale lunghezza (1 metro) che conterranno tutto ciò che fuoriesce dal carotiere a fine manovra.

Le cassette catalogatrici dovranno essere di plastica o, se approvate dalla D. L., di materiali diversi quali metallo o legno, e a patto che siano sufficientemente robuste da poter essere impilate una sull'altra per il loro immagazzinamento senza esserne danneggiate.

Le carote di terreno coesivo verranno scortecciate, le lapidee lavate. Dei setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, recando indicate le quote rispetto al piano campagna. Negli scomparti inoltre dovranno essere inseriti blocchetti di legno o simili ad indicare i campioni prelevati ed asportati per il laboratorio con le quote di inizio e fine prelievo.

Sul coperchio e su almeno un lato di ciascuna cassetta dovranno essere indicati i dati di identificazione della parte di carotaggio contenuta così come specificato:

- cantiere e/o località in cui è stato eseguito il sondaggio;
- sigla e numero del foro;
- quota, riferita al piano campagna, di inizio e fine della parte di carotaggio contenuta;
- numero progressivo della cassetta catalogatrice.

2.1.7 Fotografie digitali a colori

Le singole cassette verranno fotografate con macchina fotografica digitale ad alta risoluzione (minimo 10 Mpixel). Le foto dovranno essere rigorosamente a colori e devono essere riprese entro 24 ore dal completamento della singola cassetta catalogatrice e comunque prima che i campioni estratti alterino il colore per la perdita di umidità.

Le fotografie dovranno essere eseguite con punto di ripresa sulla verticale della cassetta, dovrà essere assicurata la completa leggibilità di tutte le annotazioni riportate sulla cassetta ed una visione chiara delle carote contenute facendo attenzione a non presentare aberrazioni prospettiche o ombre riflesse. La cassetta verrà fotografata con una scala cromatica di riferimento posta su uno dei lati esterni della cassetta stessa.

Le fotografie dovranno essere eseguite con macchina fotografica digitale ad alta risoluzione (minimo 10 Mpixel), allestite con riferimento metrico e punto di ripresa sulla verticale della cassetta. Le foto sono da consegnare alla Direzione Lavori in formato digitale e su supporto di memoria solido (tipo chiavetta USB o hard-disk SSD).

Le fotografie a colori dovranno essere allegate alla documentazione definitiva del sondaggio nel numero di copie richiesto dalla Direzione Lavori.

2.1.8 Riempimento dei fori di sondaggio

Ad ultimazione della perforazione, in tutti i casi in cui non sia prevista la posa e/o installazione in foro di strumentazione, il foro di sondaggio dovrà essere riempito con materiale di risulta; quando espressamente richiesto dalla Direzione Lavori, il foro di sondaggio dovrà essere riempito con una miscela cementizia costituita

dai seguenti componenti nelle proporzioni elencate (in peso):

- acqua: 100
- cemento: 30
- bentonite: 5

L'inserimento della miscela nel foro di sondaggio sarà eseguito dal fondo, in risalita, con apposita batteria di tubi o con manichetta flessibile.

2.1.9 Consegna dei campioni

I campioni destinati al laboratorio verranno imballati con cura in idonei contenitori il cui peso lordo non superi i 60 kg avendo cura di evitare danni nel corso del trasporto, con un adeguato imballaggio dei contenitori e in modo particolare dei campioni indisturbati (sia essi per la caratterizzazione geotecnica e ambientale).

I campioni dovranno, poi, pervenire, quando necessario, ad un laboratorio geotecnico approvato dalla Direzione Lavori.

2.1.10 Conservazione delle cassette catalogatrici

Le cassette catalogatrici dei terreni/rocce risultate dall'esecuzione dei sondaggi a carotaggio dovranno essere raccolte, trasportate e sistemate in modo ordinato dall'Appaltatore presso un luogo che permetta la loro conservazione al riparo dagli agenti atmosferici ed un eventuale successivo riesame delle stesse. Il luogo di ricovero delle cassette catalogatrici dei carotaggi sarà da concordare preventivamente con la Direzione Lavori.

2.1.11 Ubicazione e quota assoluta dei punti di indagine

L'ubicazione planoaltimetrica definitiva di ciascun punto di indagine eseguito dovrà essere rilevata dall'Appaltatore mediante la rilevazione delle coordinate planimetriche x, y (con precisione minima dell'ordine di 20 cm) e della quota assoluta z (espressa in m s.l.m. con precisione dell'ordine di 5 cm) con tecnologia satellitare (GPS) e/o con strumentazione elettro-ottica riferendola ai capisaldi topografici che saranno forniti dalla Direzione Lavori.

I risultati del rilievo planoaltimetrico di ogni punto di indagine realizzato dovranno essere restituiti sotto forma di coordinate geografiche e cartografiche espresse nei seguenti sistemi di riferimento:

- WGS84/UTM zone 32N – Datum: WGS84 – Proiezione: UTM – Zona: 32N – EPSG: 32632;
- SISTEMA ISOMETRICO MTL2 (Metropolitana Torino Linea 2) "ISO250" - DEFINIZIONE 2021.

Per i punti di indagine in cui saranno installati piezometri per il monitoraggio delle acque sotterranee, in aggiunta ai precedenti dati dovrà essere rilevata e restituita anche la quota assoluta espressa in m s.l.m. della testa della tubazione piezometrica installata (quota assoluta testa tubo piezometrico).

2.1.12 Piste e piazzole di accesso al punto di indagine

Sono così denominate le piste aventi la lunghezza e larghezza minima necessaria atte a permettere il raggiungimento del punto d'indagine da mezzi a trazione integrale e/o le piazzole strettamente necessarie per il posizionamento dell'attrezzatura di sondaggio e che inoltre prevedano, sia le prime, che le seconde, l'utilizzo di mezzi meccanici per la loro realizzazione (escavatore e/o demolitore).

Viceversa, non si intendono denominate tali, e pertanto sono comprese e compensate nei prezzi di elenco, quelle piste e/o piazzole che non prevedano l'utilizzo dei mezzi meccanici e/o che non siano state indicate dalla Committenza negli elaborati contrattuali o autorizzate preventivamente dalla Direzione Lavori in corso d'opera. Qualora ricorrano, da parte di privati od Enti, prescrizioni esecutive particolari per la realizzazione di piste e piazzole, il progetto per la realizzazione di queste l'Appaltatore esecutrice delle indagini concorderà l'esecuzione con la Direzione Lavori, che, a sua volta, dovrà, dopo apposito sopralluogo autorizzare il progetto ed i relativi costi.

Quando le piazzole sono ubicate in ambito urbano le piazzole dovranno essere organizzate con la messa in opera di una recinzione di cantiere temporanea, le cui dimensioni sono indicativamente di 4 m di larghezza per 20 m di lunghezza, e comunque adeguate al tipo di attrezzatura utilizzata, mediante utilizzo di rete in plastica edile tipo Falcon, di altezza di minima di circa 1,50 metri, con apposito sistema di sostegno e degli opportuni apprestamenti (quali p. es. segnaletica stradale orizzontale e verticale, dissuasori, barriere, ecc.) atte a garantire la sicurezza delle lavorazioni.

Nel caso in cui sia necessario ridurre l'impatto con il tessuto urbano circostante, dovranno essere messi in opera sulle recinzioni di cantiere pannelli in PVC telato su cui siano stampate informazioni atte a consentire una adeguata conoscenza dell'opera in esecuzione, opportunamente fissati al fine di non costituire pericolo in

caso di eventi atmosferici; le modalità di installazione, lo schema dei pannelli e le diciture dovranno essere concordate con la Direzione Lavori.

2.1.13 Documentazione

Il Geologo responsabile del cantiere di indagine compilerà la stratigrafia del sondaggio, completandola con gli elementi elencati nei punti successivi.

2.1.14 Dati generali e tecnici

Dovranno essere indicati sempre i seguenti dati:

- * nominativo del committente;
- * designazione del cantiere;
- * sigla identificativa del sondaggio;
- * data di inizio e di ultimazione sondaggio;
- * nome del geologo responsabile;
- * nome dell'operatore geotecnico;
- * tipo delle attrezzature impiegate;
- * metodo di perforazione;
- * tipo e diametro dell'utensile per la perforazione;
- * tipo e diametro del rivestimento;
- * tipo di fluido di circolazione impiegato.

2.1.15 Descrizione stratigrafica

Per ogni strato individuato dovranno essere specificate le seguenti informazioni:

- tipo di terreno (granulometria e grado di arrotondamento dei clasti);
- condizioni di umidità naturale;
- compattezza (consistenza o addensamento);
- alterazione;
- colore;
- struttura;
- particolarità.

2.1.16 Altre registrazioni in corso di perforazione

Il geologo responsabile di cantiere annoterà sinteticamente, nelle apposite colonne del modulo stratigrafico, tutte le osservazioni che serviranno per una migliore interpretazione del sondaggio quali ad esempio:

- percentuale di recupero;
- perdita di fluido di circolazione;
- rifluimenti in colonna;
- lunghezza delle singole manovre di carotaggio
- manovre di campionamento o prove non condotte a termine.

2.1.17 Rilievo della falda

Nel corso della perforazione verrà rilevato in maniera sistematica il livello della falda nel foro. Le misure saranno eseguite in particolare alla sera ed alla mattina, prima di riprendere il lavoro, con annotazione di quanto segue:

- profondità del livello dell'acqua rispetto a p.c.;
- quota del fondo foro;
- quota della scarpa del rivestimento;
- data e ora della misura.

Tali informazioni dovranno comparire nella relativa colonna stratigrafica.

2.2 Sondaggio geomeccanico

2.2.1 Generalità

Il sondaggio geomeccanico si distingue dal sondaggio geotecnico per il fatto che la descrizione delle carote in roccia viene eseguita in modo particolarmente approfondito e con criteri finalizzati alla caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso.

2.2.2 Attrezzature di perforazione

Le attrezzature saranno simili a quelle previste per i sondaggi geotecnici, e tali da garantire il completo raggiungimento degli obiettivi fissati dal progetto delle indagini.

2.2.3 Utensili di perforazione

La descrizione geomeccanica potrà essere svolta solo su carote ottenute con perforazione a carotaggio continuo eseguita utilizzando carotieri doppi (T2, T6) o tripli (T6S) quando si avanza con metodologia tradizionale ad aste, o con carotieri doppi (PQ, HQ) o tripli (PQ3, HQ3) quando si avanza con metodologia Wire Line.

2.2.4 Strumenti per la descrizione geomeccanica

L'attrezzatura per la descrizione geomeccanica delle carote dovrà essere costituita da:

- * sclerometro da roccia tipo L (martello Schmidt) per la misura della resistenza della superficie dei giunti;
- * profilografo a pettine (pettine di Barton) per il rilievo dei profili di rugosità dei giunti;
- * penetrometro e/o scissometro tascabile per la determinazione della resistenza di materiali di riempimento coesivi;
- * spessimetro a lamelle e calibro per la misura dell'apertura dei giunti;
- * HCl diluito al 5% per la classificazione di rocce carbonatiche.

2.2.5 Modalità esecutive

Le modalità di esecuzione dei sondaggi geomeccanici saranno simili a quelle descritte per i sondaggi geotecnici con l'aggiunta degli accorgimenti necessari per garantire la migliore qualità di carotaggio possibile.

a) Perforazione a carotaggio

Nei materiali lapidei la perforazione a carotaggio potrà essere eseguita con il metodo tradizionale ad aste e doppio carotiere oppure con metodologia wire line.

Il primo metodo è preferito fino a profondità di circa 80 m, mentre per profondità superiori si preferisce l'utilizzo del sistema wire line.

Il doppio carotiere risulta costituito da due tubi di acciaio coassiali, quello interno dei quali non ruota, grazie ad una speciale testa con cuscinetti a sfera.

L'intercapedine tra i due tubi consente il passaggio del fluido di perforazione che potrà essere acqua, fango bentonitico in funzione del materiale incontrato.

L'utensile di taglio sarà costituito da corona diamantata o da corona con prismi di widia.

I carotieri normalmente impiegati con il sistema ad aste saranno identificati con le seguenti sigle: T2 - T6 - T6S. Il diametro di perforazione standard sarà pari a 101 mm.

Nella perforazione di rocce molto compatte o calcestruzzo si dovrà utilizzare il carotiere T2 con corona diamantata e acqua come fluido di perforazione.

Nel caso di rocce fratturate si useranno i carotieri T6 o T6S con fluidi costituiti da acqua pulita o fanghi bentonitici.

Nei sondaggi profondi si utilizzerà la metodologia wire line. Questa prevede l'impiego di aste speciali che funzionano praticamente anche da tubi di rivestimento provvisorio del foro e di un apposito doppio carotiere collegato alla prima asta. Il tubo interno del doppio carotiere, al termine di ogni manovra di carotaggio, dovrà essere recuperato mediante l'uso di un attrezzo di pescaggio che viene fatto scendere con una fune all'interno delle aste wire line.

Questa metodologia è preferita in quanto consente una migliore qualità di carotaggio dato che vengono notevolmente ridotte le vibrazioni sulle carote.

Verranno usati carotieri di diametro esterno 122 mm (serie P) e 96 mm (serie H). Le corone utilizzate saranno tutte diamantate.

Nel corso della perforazione dovranno essere annotate tutte le profondità alle quali si sono registrate perdite di materiale o si sono incontrate cavità, in modo da poter inserire appositi testimoni nelle cassette catalogatrici.

b) Sostegno delle pareti del foro

Nei materiali lapidei il sostegno delle pareti del foro generalmente non serve. Qualora si abbiano frammenti di entità tale da pregiudicare il recupero della batteria di perforazione, sarà necessario ricorrere alla cementazione del tratto in questione mediante miscela di acqua e cemento e alla successiva riperforazione.

c) Estrusione delle carote

Per l'estrusione delle carote dal tubo interno del doppio carotiere dovrà essere utilizzato un apposito estrusore idraulico dotato di regolazione della pressione di estrusione e di tampone a tenuta che impedisca il contatto del campione con il fluido di spinta.

La carota verrà quindi estrusa su una canaletta in PVC ottenuta tagliando longitudinalmente un tubo lungo 3 m e di diametro adeguato al diametro della carota. Tale tubo dovrà essere preventivamente tagliato in officina al fine di ottenere una superficie di taglio piana.

2.2.6 Rilievo geomeccanico

La descrizione geomeccanica attuata durante l'avanzamento del carotaggio dovrà essere finalizzata all'individuazione delle caratteristiche della roccia nel suo insieme e alla determinazione dei parametri più significativi che influenzano il comportamento dell'ammasso oggetto dell'indagine.

L'identificazione di tali parametri fornirà le basi per l'analisi geomeccanica dell'ammasso roccioso secondo la classificazione che la Direzione Lavori riterrà più opportuna.

Principali sistemi di classificazione

<i>Autori</i>	<i>Classificazione</i>
Deere (1969)	Classificazione RQD
Wickham (1972)	Classificazione RSM
Bieniawski (1973)	Classificazione RMR
Rabcewicz-Pacher (1974)	Classificazione austriaca
Barton (1974)	Classificazione Q
Luis (1974)	Classificazione francese

Le modalità di descrizione del sondaggio geomeccanico saranno applicate per i sondaggi, o per le parti in roccia di sondaggi, per i quali ciò sia espressamente richiesto dal progetto delle indagini.

2.2.6.1 Normative e specifiche di riferimento

* ISRM - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests (1978) - Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses.

2.2.6.2 Descrizione geomeccanica

La descrizione geomeccanica del sondaggio dovrà essere redatta dal geologo responsabile di cantiere.

Le informazioni riguardanti le caratteristiche dell'ammasso roccioso attraversato saranno contenute nel modulo stratigrafico e nel log stratigrafico.

2.2.6.2.1 Modulo stratigrafico

Contiene le seguenti informazioni:

- a) Classificazione della roccia:
 - tipo litologico
 - colore
- b) Caratteri strutturali:
 - stratificazione
 - struttura
 - alterazione
 - durezza
- c) Qualità della roccia:
 - percentuale di carotaggio totale (T.C.R.)
 - percentuale di recupero carote integre (S.C.R.)
 - percentuale di carotaggio modificata (R.Q.D.)
 - dimensione spezzoni carota
 - spaziatura fratture

a) Classificazione della roccia

La classificazione della roccia avverrà mediante la definizione delle seguenti informazioni:

Tipo litologico

Il tipo litologico viene definito facendo riferimento alle più opportune classificazioni esistenti. Nel seguito si indicano alcuni criteri classificativi relativi ad alcune categorie di comune reperimento; qualora il tipo litologico da descrivere non rientri nei casi sottoelencati, sarà cura del geologo responsabile di cantiere indicare, sia pure per categorie principali, la corretta definizione. Ciò vale in particolare per le rocce cristalline intrusive ed effusive e per le rocce metamorfiche, per le quali i sistemi di classificazione sono basati sulla composizione mineralogica o chimica e non possono essere riassunti nel presente testo, sia per la loro complessità che per il fatto di richiedere determinazioni diverse dalla sola osservazione macroscopica o dai semplici criteri di prova applicabili in cantiere.

Classificazione delle rocce sedimentarie terrigene e carbonatiche

Granulometria		Definizione			
Clasti costituenti		Clasti terrigeni		Clasti carbonatici	
argilla		argillite		calcilutite	
limo		siltite		calcsiltite	
sabbia	fine	arenaria	fine	calcarenite	fine
	media		media		media
	grossa		grossolana		grossolana
ghiaia	fine	conglomerato (clasti arrotondati) breccia (clasti spigolosi)	fine	calcirudite	fine
	media		media		media
	grossa		grossolana		grossolana

Rocce sedimentarie terrigene e carbonatiche:

Termini di transizione

Tenore in $CaCO_3$ [%]	Descrizione
0-5	argillite (argilla)
5-15	argillite debolmente marnosa
15-25	argillite marnosa
25-35	marna argillosa
35-65	marna
65-75	marna calcarea
75-85	calcilutite marnosa
85-95	calcilutite debolmente marnosa
95-100	calcilutite

Premesso che il tenore in $CaCO_3$ può essere valutato solo tramite specifico esame di laboratorio, in cantiere esso può essere stimato in base al grado di effervescenza dell'acido cloridrico diluito al 5%. La tabella sopra riportata potrà essere utilizzata come guida per la descrizione dei termini di passaggio.

Qualora il tipo litologico non rientri nei casi sopraelencati sarà cura del Geologo responsabile di cantiere indicare la corretta definizione sulla base delle conoscenze geologiche reperibili.

Colore

Il colore sarà descritto scegliendo o combinando i relativi termini. Risulta importante evidenziare il colore della roccia intatta rispetto a quello delle superfici delle fratture o discontinuità, specificando eventuali indicazioni sulla presenza di infiltrazione idrica.

b) Caratteri strutturali

Si definiranno gli elementi significativi della struttura delle rocce, indicando con struttura la presenza o assenza

di discontinuità, con riferimento a quanto di seguito specificato.

Stratificazione

Si dovranno indicare i piani di strato visibili, precisandone la spaziatura, in accordo alla seguente tabella.

Stratificazione

<i>spaziatura media</i> [mm]	<i>descrizione</i>
> 2000	stratificazione in banchi
600÷2000	strati di elevato spessore
200÷600	strati di medio spessore
60÷200	strati di sottile spessore
20÷60	strati di spessore molto sottile
6÷20	laminazione
< 6	sottile laminazione

Si indichi anche la presenza di eventuali strutture sedimentarie, quali stratificazione o laminazione incrociate. Regolari alternanze di diversi tipi litologici (es. marne e calcareniti) possono essere definite con il termine di "interstratificazione".

Struttura

Veranno presi in esame gli elementi costituenti la roccia (minerali o clasti) definendone il tipo, la forma, la grana, l'orientazione reciproca.

Facendo riferimento a quanto riportato nelle Raccomandazioni AGI (1977) verrà adottata la seguente terminologia:

Struttura compatta: i componenti della roccia non sono distinguibili ad occhio nudo.

Struttura granulare: i costituenti (diversi od uguali) della roccia sono distinguibili ad occhio nudo.

Questa può essere distinta in:

crystallina: gli elementi sono costituiti da cristalli

clastica: gli elementi sono costituiti da frammenti di rocce o minerali cementati tra loro

Struttura orientata: i componenti della roccia sono ± allineati secondo una data direzione

Alterazione

Il grado di alterazione della roccia verrà definito in base a sei classi di alterazione.

Per una determinazione quantitativa si ricorrerà, quando richiesto dalla Direzione Lavori, alla prova Point Load o alla prova con martello di Schmidt (vedi norme ASTM).

Grado di alterazione

<i>Classe</i>	<i>Alterazione</i>	<i>Descrizione</i>
1	assente	Non è visibile alcun segno di alterazione nella roccia
2	debole	Sono presenti patine di ossidazione lungo le superfici di discontinuità
3	moderata	Alterazione e/o ossidazione con conseguente scolorimento della roccia interessano le discontinuità per uno spessore non superiore a 2-3 mm. Sottili riempimenti materiale alterato possono essere presenti lungo le discontinuità
4	media	La roccia presenta i primi segni di disgregazione, specie in corrispondenza dei giunti.

		Sottili riempimenti di materiale alterato possono essere presenti lungo le discontinuità
5	elevata	La carota prelevata tende a sgretolarsi o a rompersi in numerose parti se non trattata con cura
6	intensa	La carota prelevata è priva di consistenza; la struttura originaria può essere parzialmente riconosciuta

Durezza

La durezza della roccia verrà stimata in base a criteri di scalfibilità:

- roccia soffice: scalfibile con l'unghia
- roccia di media durezza: scalfibile con punta di acciaio
- roccia dura: scalfibile debolmente con punta di acciaio

c) Qualità della roccia

La qualità della roccia verrà definita per mezzo dei seguenti parametri:

Percentuale di carotaggio totale – T.C.R. (Total Core Recovery)

È data dal rapporto percentuale tra la lunghezza della carota (sommatoria di tutti gli spezzoni di carota compresi i tratti recuperati in frammenti) e la lunghezza della manovra di carotaggio.

Percentuale di recupero delle carote integre – S.C.R. (Solid Core Recovery)

È data dal rapporto percentuale tra la sommatoria delle lunghezze degli spezzoni di carota integri (ovvero con circonferenza completa) e la lunghezza della manovra di carotaggio.

Percentuale di carotaggio modificata – R.Q.D. (Rock Quality Designation)

È definito come rapporto percentuale tra la sommatoria degli spezzoni di carote aventi lunghezza maggiore o uguale a 10 cm e la lunghezza del tratto di carotaggio considerato.

In accordo con le Raccomandazioni ISRM (1978), in caso di fratture oblique, la lunghezza del singolo spezzone di carota viene misurato in corrispondenza dell'asse della carota. Inoltre, se la carota viene rotta maneggiandola o durante le operazioni di carotaggio (in tal caso le superfici di rottura saranno fresche e perfettamente ricomponibili), i pezzi corrispondenti vengono rimessi insieme e contati come un unico pezzo, a patto che raggiungano la lunghezza richiesta di 10 cm.

In base ai valori di R.Q.D. si può dare una valutazione della qualità della roccia secondo il seguente schema:

Qualità della roccia in base ai valori di R.Q.D.

<i>R.Q.D. (%)</i>	<i>Qualità della roccia</i>
0-25	molto scadente
25-50	scadente
50-75	discreta
75-90	buona
90-100	ottima

Dimensione degli spezzoni di carota

La determinazione di tale parametro deriva dall'esigenza di meglio dettagliare e definire il recupero percentuale modificato. La lettura simultanea dei valori di R.Q.D. e delle dimensioni degli spezzoni fornisce una visione globale sulle caratteristiche dell'ammasso roccioso.

La misura della lunghezza degli spezzoni di carota viene fatta lungo l'asse degli spezzoni stessi non considerando eventuali fratture meccaniche.

Vengono distinte tre classi di lunghezza degli spezzoni di carota:

- spezzoni con dimensioni inferiori a 5 cm;
- spezzoni con dimensioni comprese tra 5 e 10 cm;

- spezzoni con dimensioni superiori ai 10 cm.

Spaziatura delle fratture

Nei riguardi della frantumazione, la roccia verrà classificata secondo le seguenti indicazioni:

- Intatta: roccia priva di fratture
 Poco fratturata: roccia attraversata da fratture variamente orientate e molto distanziate
 Fratturata: le fratture vengono suddivise in 5 classi a seconda della loro spaziatura
 Frantumata: la roccia si presenta con i caratteri di un prodotto di frantoio

Spaziatura delle fratture secondo la classificazione di Deere

<i>Classi</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Spaziatura delle fratture (cm)</i>
1	Fratture molto ravvicinate	5
2	Fratture ravvicinate	5-30
3	Fratture moderatamente ravvicinate	30-100
4	Fratture distanziate	100-300
5	Fratture molto distanziate	>300

A richiesta della D. L. potrà essere definito l'indice della spaziatura delle fratture If.

Questo indice prevede la determinazione del numero di discontinuità comprese in una lunghezza unitaria di carota

$$If = \frac{\text{lunghezza unitaria (1 m)}}{\text{numero di discontinuità}}$$

La determinazione di questo indice, che permette di valutare l'influenza delle discontinuità sul comportamento dell'ammasso roccioso, viene condotta subito dopo l'estrazione dei campioni dal foro in modo da evitare il conteggio delle fratture che, in alcune rocce, possono verificarsi per effetto dell'essiccamento.

2.2.6.2.2 Log stratigrafico

Contiene le informazioni riguardanti le discontinuità presenti in una cassetta catalogatrice come di seguito elencato.

- a) Informazioni generali:
- n° cassetta catalogatrice di riferimento
 - foto cassetta catalogatrice di riferimento
 - schema delle fratture e delle discontinuità rilevate
 - sigla alfanumerica che individua, con un numero d'ordine progressivo per singola cassetta, il litotipo di roccia, il tipo di discontinuità, le caratteristiche della discontinuità
- b) Descrizione della discontinuità:
- tipo di giunto
 - inclinazione
 - forma
 - scabrezza
 - alterazione
 - resistenza
 - apertura
 - riempimento

a) Informazioni generali

Alla descrizione geomeccanica verrà integrato un log stratigrafico delle superfici di discontinuità. Per ogni cassetta catalogatrice dovrà essere redatto un modulo in cui la superficie di discontinuità viene identificata mediante una sigla alfanumerica che prevede le seguenti informazioni:

- litotipo di roccia
- numero d'ordine della discontinuità, iniziando la numerazione per ogni cassa
- tipo di discontinuità
- descrizioni di dettaglio

b) Descrizione delle discontinuità

La descrizione delle discontinuità avverrà mediante la definizione dei seguenti parametri:

Tipo di giunto

Piani e superfici di discontinuità rilevati verranno distinti nei seguenti tipi:

- | | |
|-----------|---|
| <i>S</i> | Discontinuità di stratificazione; giunto dipendente dalla struttura della roccia |
| <i>FR</i> | Discontinuità della frattura; giunto derivato dalla rottura della roccia prodotta da cause naturali |
| <i>M</i> | Discontinuità di frattura meccanica; giunto attribuibile a cause artificiali in fase di carotaggio |

Inclinazione

L'inclinazione del giunto verrà espressa come angolo, misurato in senso orario mediante un goniometro, tra la perpendicolare dell'asse di perforazione e il piano di discontinuità.

Forma

La forma può essere piana, ondulata, irregolare.

Scabrezza

Sulle superfici ritenute più significative verrà rilevato il parametro J.R.C. (Joint Roughness Coefficient). Tale parametro viene determinato ricostruendo, mediante profilometro tascabile (pettine di Barton) il profilo della superficie di frattura per confrontarlo poi con i profili tipo di Barton

Alterazione

I processi di alterazione meccanica e chimica si sviluppano di preferenza lungo le superfici di discontinuità determinando un decadimento delle caratteristiche meccaniche della roccia.

Per la descrizione qualitativa del grado di alterazione delle superfici di discontinuità verranno adottati i termini soprariportati.

Una colorazione bruno-rossiccia delle discontinuità o della roccia può indicare la zona dell'ammasso roccioso che giace al di sopra del livello medio dell'acqua sotterranea. Si può rilevare ossidazione delle pareti delle discontinuità anche al di sotto del livello dell'acqua sotterranea, ma in percentuale molto ridotta. Frequentemente la colorazione più forte si trova nella zona di fluttuazione del livello dell'acqua sotterranea.

Resistenza

La resistenza della superficie del giunto verrà stimata in base ai criteri di scalfibilità.

Quando richiesto dalla D. L., per una determinazione quantitativa della resistenza delle pareti della discontinuità si ricorrerà alla prova con lo sclerometro da roccia (Schmidt Hammer).

Da questo indice, utilizzando l'apposito diagramma, si ottiene la resistenza a compressione sulla superficie di discontinuità o J.C.S. (Joint Wall Compressive Strength).

Apertura

La descrizione dell'apertura delle discontinuità, intersecate da un sondaggio non è sempre possibile; inoltre occorre notare che tale descrizione può non rappresentare l'effettiva situazione in sito.

Se facendo combaciare le due superfici di discontinuità non si nota alcun spazio vuoto, la discontinuità del sito potrebbe essere di tipo chiuso, ma potrebbe anche essere di tipo beante.

Se facendo combaciare le due superfici si notano dei vuoti, si può dire che la discontinuità è di tipo aperto, anche se in sito la discontinuità potrebbe essere di tipo chiuso, in quanto potrebbe essere stato non recuperato o dilavato, durante la perforazione, il materiale che riempiva la discontinuità.

Le discontinuità verranno comunque distinte nelle seguenti classi:

<i>Classe</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Misura</i>
1	chiusa	da 0.1 a 0.5 mm
2	beante	da 0.5 a 10 mm
3	aperta	> 10 mm

Riempimento

Per la definizione del riempimento di una discontinuità è determinante l'utilizzo di carotieri doppi o tripli durante la perforazione, come pure l'adozione di idonei fluidi di circolazione in quanto il materiale di riempimento può non venire recuperato per effetto del dilavamento.

Il materiale di riempimento delle discontinuità verrà descritto valutandone lo spessore in mm, la composizione granulometrica o mineralogica (ad esempio limo di deposizione o calcite di deposizione), o indicando la presenza di materiale di frizione (ad esempio limo di origine cataclastica).

2.2.7 Documentazione

Tutte le osservazioni desunte dalle carote recuperate dal sondaggio e depositate nelle cassette catalogatrici dovranno essere descritte dal geologo responsabile delle indagini.

Tutte le informazioni raccolte verranno annotate in due diversi moduli:

* Modulo stratigrafico, contenente i dati generali e tecnici, la descrizione geomeccanica, il rilievo della falda ed eventuali altre registrazioni effettuate in corso di perforazione;

* Log stratigrafico, contenente una descrizione geomeccanica di dettaglio.

2.3 Sondaggio ambientale

2.3.1 Generalità

Il sondaggio ambientale ha come scopo quello di prelevare campioni per la caratterizzazione chimica del sottosuolo.

2.3.2 Attrezzature e procedure di perforazione

Le attrezzature e le procedure sono simili a quelle descritte per i sondaggi geotecnici in sezione 2.1. Attrezzature e procedure sono tali da garantire l'investigazione e il prelievo di campioni indisturbati per la caratterizzazione ambientale del terreno. Sarà accortezza dell'operatore pulire, eliminare o rimuovere prima dell'esecuzione delle operazioni, dalle attrezzature e/o parti meccaniche l'eventuale presenza di olii, fluidi e/o agenti esterni che possano andare a inquinare il terreno soggetto d'indagine alterandone la composizione chimica.

2.3.3 Fluidi di circolazione

L'uso di fluidi di circolazione è ristretto durante l'esecuzione delle operazioni al fine di preservare le condizioni naturali del terreno. L'uso di fluido non è permesso durante le fasi di prelievo del campione. L'uso di fluidi se necessario dev'essere prima approvato dalla Direzione Lavori e potrà essere ristretto esclusivamente all'uso di acqua pulita.

2.3.4 Descrizione stratigrafica

La descrizione stratigrafica del sondaggio dovrà essere redatta dal geologo responsabile di cantiere, che dovrà specificare per ogni strato individuato:

- h) tipo di terreno (granulometria e grado di arrotondamento dei clasti);
- i) condizioni di umidità naturale;
- j) compattezza (consistenza o addensamento);
- k) alterazione;
- l) colore;

- m) struttura;
- n) particolarità.

Al report stratigrafico verrà affiancato anche il report fotografico delle sezioni di terreno estratto come descritto per sondaggi geotecnici.

2.3.5 Documentazione

Tutte le osservazioni desunte dalle carote recuperate dal sondaggio e depositate temporaneamente nelle cassette catalogatrici dovranno essere descritte dal geologo responsabile delle indagini.

Tutte le informazioni raccolte verranno annotate in un log stratigrafico in cui si presentano i dati generali e tecnici, il rilievo della falda, eventuali altre registrazioni effettuate in corso di perforazione e il log stratigrafico, contenente una descrizione stratigrafica esaustiva e di dettaglio del terreno indagato.

2.4 Perforazione a rotazione a distruzione di nucleo

2.4.1 Generalità

La perforazione a rotazione a distruzione di nucleo consente di realizzare fori di sondaggio nei quali eseguire prove e/o installare strumentazione di vario genere e tipo. La realizzazione di fori a distruzione di nucleo dovrà essere sempre eseguita tenendo conto di quanto prescritto per le prove o la strumentazione per cui il foro è realizzato.

La perforazione a rotazione a distruzione di nucleo può essere necessaria anche per la realizzazione di prefiori per alcune prove in sito come le prove penetrometriche statiche o le prove dilatometriche (con dilatometro piatto).

2.4.2 Attrezzature di perforazione

Per la perforazione a distruzione di nucleo potranno essere impiegate sonde a rotazione, complete di pompa per la circolazione dei fanghi e di dispositivi per la loro preparazione, oppure altre sonde proposte dall'Appaltatore, il cui utilizzo dovrà comunque essere subordinato ad approvazione da parte della Direzione Lavori.

2.4.3 Utensili di perforazione

Potranno essere impiegati i seguenti tipi di utensili:

- * triconi o utensili a distruzione dotati di fori radiali per la fuoriuscita del fluido;
- * carotieri semplici con fluido di circolazione;
- * altri utensili proposti dall'Appaltatore, il cui utilizzo dovrà essere subordinato ad approvazione da parte della Direzione Lavori.

Il diametro di perforazione, generalmente compreso tra 100 e 152 mm, sarà definito volta per volta in funzione delle prove da eseguire o degli strumenti da installare nel foro e verrà indicato nel progetto delle indagini o verrà comunicato direttamente all'Appaltatore dalla Direzione Lavori.

2.4.4 Modalità esecutive

Saranno ammesse modalità di perforazione varie, comunque tali da garantire il sostentamento delle pareti del foro, il contenimento del fondo foro e la minimizzazione dei disturbi arrecati al terreno nei tratti di prova.

2.4.4.1 Perforazione a distruzione di nucleo nei terreni sciolti

Nei terreni sciolti a granulometria fine (argille e sabbie) la perforazione verrà eseguita a rotazione con l'impiego di scalpelli a lame con circolazione di acqua o fango bentonitico.

Nei materiali sciolti a granulometria grossolana (ghiaie) si useranno di preferenza scalpelli a rulli (triconi).

In entrambi i casi le pareti del foro saranno sostenute con tubi di rivestimento provvisorio ovvero con fanghi bentonitici.

Nei casi in cui le condizioni lo consentano, la perforazione potrà essere eseguita solamente con i tubi di rivestimento provvisorio, con circolazione di acqua o fango. In tal caso si potranno rendere necessarie delle manovre di pulizia del foro.

Nei terreni sciolti con presenza di grossi elementi lapidei (blocchi e trovanti) alternati a terreni a granulometria minore potrà essere utilizzato l'impiego del metodo di perforazione Odex. Tale metodo prevede l'uso combinato di un martello fondo foro con eccentrico e del rivestimento metallico provvisorio.

2.4.4.2 Perforazione a distruzione di nucleo nelle rocce

Nei materiali lapidei la perforazione a distruzione verrà eseguita a rotazione o a rotopercussione.

Nel primo caso si userà uno scalpello a rulli (tricono) con circolazione di acqua o fango.

Nel secondo caso, invece, si userà il martello fondo foro e, come fluido, aria in pressione.

Per quanto riguarda il sostegno delle pareti del foro vale quanto detto nel paragrafo relativo alla perforazione a carotaggio.

2.4.5 Documentazione

Per ciascun foro si compilerà una scheda con le seguenti indicazioni:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore)
- * attrezzatura impiegata;
- * diametro di perforazione;
- * diametro dell'eventuale rivestimento;
- * stratigrafia approssimativa del foro in base ai detriti di perforazione;
- * dati relativi alle prove da eseguire o alla strumentazione da installare.

2.4.6 Registrazione dei parametri di perforazione (Dac-Test)

2.4.6.1 Generalità

Il Dac-Test consiste nella registrazione in forma continua dei principali parametri di una perforazione, eseguita di norma a distruzione di nucleo, con lo scopo di riconoscere le caratteristiche stratigrafiche fondamentali del terreno, preferibilmente a partire da situazioni rese note dall'esecuzione di sondaggi di taratura a carotaggio continuo. Dall'elaborazione dei parametri registrati in fase di perforazione deve essere calcolata l'energia specifica della perforazione (indicata come "S", espressa in MJ/m di perforazione) in relazione alla profondità dell'utensile lungo tutta la verticale di indagine eseguita.

2.4.6.2 Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura necessaria dovrà consistere in:

- * sonda a rotazione o a rotopercussione;
- * centralina elettronica per la misura, la amplificazione e la registrazione su supporto digitale e/o magnetico almeno dei seguenti parametri di perforazione:
 - spinta applicata all'utensile di perforazione [MPa];
 - velocità di avanzamento [m/h];
 - Velocità di rotazione [m/sec];
 - coppia di rotazione assorbita [MPa];
 - pressione del fluido di circolazione [MPa].

La registrazione dei parametri dovrà avvenire preferibilmente con la frequenza di un'operazione di memorizzazione per 1 cm di avanzamento dell'utensile oppure con la frequenza di una registrazione al minuto, nel caso di avanzamenti inferiori a 1 cm/minuto. In ogni caso la frequenza di registrazione non dovrà mai essere superiore a 5 cm di avanzamento.

La centralina dovrà permettere la visualizzazione dei parametri misurati e la stampa su carta dei grafici; dovrà essere misurata, registrata e visualizzata su visore, in ogni caso, la profondità raggiunta dalla prova.

2.4.6.3 Modalità esecutive

La perforazione dovrà essere eseguita avendo cura, dopo qualche tentativo, di operare con la massima omogeneità. In particolare, la spinta applicata all'utensile dovrà, se possibile, essere mantenuta costante per l'intera verticale di prova e dovrà essere tale da assicurare il superamento dei livelli più resistenti senza eccessiva perdita di leggibilità dei risultati negli strati più resistenti.

E' necessario che il detrito di perforazione fuoriuscente a bocca foro sia descritto con la migliore precisione possibile.

2.4.6.4 Documentazione

La documentazione di prova dovrà comprendere quanto sotto elencato:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione e delle modalità esecutive del foro;
- * grafico di cantiere con i parametri misurati e registrati;
- * scheda stratigrafica con grafico dell'energia specifica della perforazione (espressa in MJ/m di perforazione) in relazione alla profondità dell'utensile lungo tutta la verticale di indagine;
- * note ed osservazioni di cantiere;
- * copia dei certificati di taratura dei manometri, non anteriori a 6 mesi dalla data di esecuzione della prova.

2.5 Campionamento geotecnico nei sondaggi

2.5.1 Generalità

Le modalità di campionamento possono prevedere il prelievo dei seguenti tipi di campione:

- a) "rimaneggiato" se prelevato dal materiale riposto nella cassetta catalogatrice
- b) "indisturbato", se prelevato con apposito campionatore.

I campioni tipo a) devono assicurare una rappresentazione veridica della distribuzione granulometrica del terreno; i campioni tipo b) non devono subire deformazioni strutturali rilevanti conservando inalterate le seguenti caratteristiche:

- * contenuto d'acqua (solo per campioni indisturbati in terreni coesivi);
- * peso di volume;
- * deformabilità;
- * resistenza al taglio.

Di seguito vengono illustrate le classi di qualità dei campioni ottenibili con diverse tipologie di campionatori:

TIPO DI TERRENO	TIPO DI CAMPIONATORE ❶				
	A	B	C	D	E
a) coerenti poco consistenti		Q 3	Q 4	Q 5	
b) coerenti moderatamente consistenti o consistenti	Q 3 (4)	Q 4	Q 5	Q 5	
c) coerenti molto consistenti	Q 2 (3)	Q 3 (4)	Q 4 (5)		Q 5
d) sabbie fini al di sopra della falda	Q 2	Q 3	Q 3	Q 3 (4)	
e) sabbie fini in falda	Q 1	Q 2	Q 2	Q 2 (3)	
❶ A) Campionatore pesante infisso a percussione B) Campionatore a parete sottile infisso a percussione C) Campionatore a parete sottile infisso a pressione D) Campionatore a pistone infisso a pressione E) Campionatore a rotazione a doppia parete con scarpa avanzata					

N.B.: Si indicano tra parentesi le classi di qualità Q raggiungibili con campionamento molto accurato.

2.5.2 Campionatori

2.5.2.1 Campionatore a pareti grosse

Questo tipo di campionatore viene infisso a percussione battendo con un maglio sulla testa del campionatore stesso.

Viene di norma utilizzato in terreni sabbiosi anche con qualche elemento di ghiaia.

E' costituito essenzialmente da una testa con valvola a sfera e opportuni sfiati, collegata a un tubo di spessore 1 cm, divisibile longitudinalmente a metà, per consentire il prelievo del campione. Il campionatore è dotato di "precamera" per contenere i detriti presenti in foro ed è predisposto con astuccio interno di contenimento in PVC e, se necessario, con estrattore a cestello alla base.

2.5.2.2 Campionatore a pareti sottili (tipo Shelby)

E' composto da una testa con valvola a sfera e relativi sfiati a cui è collegato il tubo di infissione che funge da contenitore del campione di terreno. Lo spessore di tale tubo può variare normalmente da 2 a 3 mm.

La pressione per l'infissione del campionatore viene esercitata attraverso le aste di manovra per mezzo della slitta di avanzamento della sonda.

La testa del campionatore, per una lunghezza di circa 15 cm, subito al di sotto della valvola e fino all'attacco per il tubo portacampione, è di diametro prossimo a quello del tubo stesso per consentire al materiale disturbato, eventualmente presente a fondo foro, di entrarvi, e quindi di ridurre la possibilità di "disturbare" il campione.

2.5.2.3 Campionatore a pistone (tipo Osterberg)

Si tratta di un campionatore a pistone ad azionamento idraulico.

Il pistone tiene chiusa l'estremità della fustella fino alla profondità in cui si desidera iniziare il prelevamento, e vi viene mantenuto mentre la fustella continua a penetrare nel terreno. Il pistone agisce quindi nel primo tratto impedendo la penetrazione del materiale rimaneggiato nella fustella, ed evitando di conseguenza che l'altezza del campione all'interno di quest'ultima sia superiore alla penetrazione della fustella nel terreno, e nel secondo tratto in maniera da impedire il distacco della faccia superiore del campione dove altrimenti si creerebbe il vuoto.

2.5.2.4 Campionatore a pistone (tipo Vicenzetto)

Si tratta di un campionatore a pistone ad azionamento idraulico.

E' costituito da un pistone mobile collegato tramite 3 aste di acciaio al tubo di prelievo il quale scorre sull'asta del pistone fisso attaccata alla base del cilindro del pistone mobile stesso.

L'avanzamento del pistone mobile viene ottenuto mediante pompaggio di acqua in pressione attraverso le aste di perforazione. Uno sfiato, posto sull'asta di collegamento testa campionatore - pistone fisso, appena sopra allo stesso pistone fisso, permette l'azzeramento della pressione a fine corsa.

Rispetto al tradizionale campionatore a pistone tipo Osterberg offre i seguenti vantaggi:

- per particolari problemi o studi può essere usato in continuo e per una perfetta ricostruzione stratigrafica di dettaglio si può estrarre il campione direttamente in cantiere;
- per particolari problemi o studi può essere usato in continuo e per una perfetta ricostruzione stratigrafica di dettaglio si può estrarre il campione direttamente in cantiere;
- la spinta di campionamento è massima in quanto si agisce su tutta la superficie del pistone mobile ($A = 65 \text{ cm}^2$). Con una normale pompa da 3 MPa si ottiene una spinta di circa 2 t. Il campionatore viene comunque usato normalmente con pompe fino a 10 MPa per ottenere una maggiore velocità di infissione della fustella. Il limite meccanico del sistema è dato dalla deformabilità della fustella;
- permette di "tagliare" il campione alla base, cosa necessaria in alcuni terreni per minimizzare il disturbo nella parte bassa del campione in fase di prelievo;
- permette di eliminare l'effetto di trazione che si verificherebbe allo stacco della parte alta del campione dal pistone fisso;
- le aste di guida impediscono la rotazione della fustella, in fase di infissione, minimizzando il disturbo sulla circonferenza del campione. Permette di controllare e misurare la velocità di infissione della fustella in fase di prelievo;
- può essere strumentato per il controllo e la misura della pressione di infissione reale della fustella e della sua velocità di infissione in fase di prelievo.

Con questo tipo di campionatore è possibile utilizzare fustelle portacampione con le seguenti caratteristiche:

Fustella per campioni di \varnothing 80 mm

lunghezza totale	680	mm
lunghezza campione	600	mm
diametro esterno	88.9	mm
spessore	2.00	mm

Fustella per campioni di \varnothing 100 mm

lunghezza totale	680 mm	1580 mm (mod. L)
lunghezza campione	600 mm	1500 mm (mod. L)
diametro esterno	101.6 mm	
spessore	3.00 mm	
<i>Fustella per campioni di Ø 220 mm</i>		
lunghezza totale	840 mm	
lunghezza campione	675 mm	
diametro esterno	219 mm	
spessore	3.76 mm	

2.5.2.5 Campionatore rotativo

Si tratta di un campionatore a rotazione costituito da due tubi indipendenti. Il tubo interno non rotante, e avente la funzione di contenitore del campione, è munito di una scarpa tagliente che sporge di qualche centimetro rispetto alla corona della parete esterna rotante in modo da poter penetrare a pressione. Tale sporgenza può rimanere fissa, essendo regolata in superficie in funzione della consistenza del terreno (decescente con l'aumentare della consistenza), oppure, in alcuni campionatori, può variare nel corso del campionamento in funzione della consistenza del terreno grazie alla presenza di una molla posizionata internamente nella testa del campionatore stesso.

2.5.3 Modalità esecutive

2.5.3.1 Operazioni preliminari

Il prelievo di campioni "indisturbati" sarà preceduto, a seconda dei casi, da alcune delle seguenti operazioni e accorgimenti:

- ancoraggio dell'attrezzatura di spinta (sonda), se di peso leggero, al terreno;
- perforazione fino alla quota di inizio prelievo;
- stabilizzazione delle pareti e del fondo foro con rivestimenti metallici provvisori e/o fluidi di perforazione di idonea densità e tenendo il carico d'acqua più elevato possibile;
- evitare manovre di inserimento ed estrazione della batteria di perforazione troppo veloci, al fine di ridurre l'effetto di compressione e risucchio;
- evitare picchi di pressione nell'infissione dei rivestimenti metallici provvisori o nella eventuale perforazione a distruzione di nucleo;
- controllare che la quota di infissione dei rivestimenti sia leggermente minore di quella di inizio prelievo;
- riduzione al minimo dell'intervallo di tempo tra il termine della perforazione e l'inizio del campionamento;
- controllare la profondità di campionamento con le aste o apposito scandaglio. Qualora si accerti la presenza a fondo foro di detriti per uno spessore >15 cm occorrerà procedere alla operazione di pulizia che andrà eseguita a secco con carotiere corto eventualmente munito di corona con elica o con estrattore a cestello. L'operazione di pulizia potrà essere eseguita anche con scalpello a fori radiali e calice di raccolta dei detriti.

2.5.3.2 Modalità di campionamento

La scelta del tipo di campionatore più adatto verrà fatta in base alle caratteristiche del terreno.

Nella fase preliminare dell'indagine potranno essere previsti dei campionatori o metodologie che in corso d'opera non risultino adatti. In tal caso, il responsabile delle attività, in accordo con la Direzione Lavori, adotterà le opportune modifiche.

Per un campionamento ottimale saranno previste le seguenti fasi:

- perforazione a carotaggio o a distruzione di nucleo fino alla quota prevista per l'inizio del campionamento;
- avanzamento della colonna di rivestimento con circolazione di fango o acqua, fino ad una quota di poco superiore a quella prevista per l'inizio del campionamento (≈ 10 cm, max 40 cm);
- avanzamento a secco per circa 30 cm fino a fermarsi con la scarpa del rivestimento ad una quota di circa 10 cm superiore a quella di inizio campionamento (eventuale nel caso di terreni "sensibili");
- controllo della profondità del fondo foro con lo scandaglio o le aste;

- esecuzione di una manovra di pulizia, con carotiere corto a secco, qualora risulti che tale profondità differisca di più di 15 cm con quella di inizio prelievo;
- discesa in foro delle aste con il campionatore;
- controllo della profondità a cui il campionatore si ferma a fondo foro. Tale valore non deve differire più di 15 cm con quello misurato in precedenza. Se la batteria si arresta ad una quota superiore di 15 cm occorre rifare la pulizia;
- prima di iniziare il campionamento, sull'asta sporgente in superficie, si dovrà tracciare un segno ad una distanza, da un punto di riferimento (es. rivestimento metallico, o freno idraulico, o un picchetto) pari a quella dell'avanzamento utile della fustella portacampione, generalmente 60 cm; nel caso di campionatori ad azionamento idraulico, tale operazione non sarà necessaria;
- esecuzione del campionamento vero e proprio imprimendo, nel caso di campioni a pressione, la spinta necessaria per ottenere un avanzamento regolare e veloce. L'avanzamento dovrà essere arrestato quando il segno praticato sull'asta viene a coincidere con il riferimento scelto;
- nel caso di impiego del campionatore tipo Vicenzetto la batteria di aste sarà bloccata con il freno idraulico o manuale, il contrasto sarà assicurato dalla testa di rotazione della sonda, mentre la spinta sarà fornita dall'acqua in pressione; l'avvenuto completo prelievo del campione sarà assicurato dalla brusca caduta di pressione al manometro della pompa dell'acqua;
- qualora non si riesca a infiggere il campionatore a pressione per un tratto pari alla lunghezza del tubo di prelievo l'infissione verrà sospesa annotando la misura dell'avanzamento effettivo;
- nel caso di campionamento a percussione le modalità saranno del tutto simili; l'avanzamento però avverrà per mezzo di un maglio che batte sul campionatore; anche in questo caso si annoterà il valore di avanzamento effettivo;
- nel caso di campioni rotativi, valgono le modalità già descritte, occorre in aggiunta regolare la sporgenza della scarpa interna rispetto a quella esterna. Per tale operazione possono essere necessari più tentativi fino ad avere una regolazione ottimale. La pressione di spinta, la velocità di rotazione e la portata del fluido sono pure parametri che verranno regolati dall'operatore in funzione delle caratteristiche del terreno. Bisognerà comunque evitare picchi di pressione del fluido e assicurare una portata tale da impedire che del materiale entrando nell'intercapedine tra i due tubi annulli l'indipendenza di movimento del tubo interno rispetto a quello esterno. Il fluido impiegato potrà essere acqua o fango bentonitico;
- terminato l'avanzamento del tubo di prelievo, si estrarranno le aste con il campionatore.

2.5.4 Estrusione dei campioni in cantiere

Nel caso di prelievo di campioni con campionatore a pistone, dovrà essere prevista anche la possibilità di estrarre il campione indisturbato direttamente in cantiere utilizzando il campionatore stesso (campionatore tipo Vicenzetto) o mediante apposito estrusore idraulico.

Tale accorgimento sarà indispensabile quando si richiederà una perfetta ricostruzione stratigrafica di dettaglio.

2.5.5 Classificazione e registrazione dei campioni

Dopo il prelievo, i campioni saranno misurati, puliti sulle superfici, descritti in stratigrafia, saggiati con il "pocket penetrometer" e il "torvane", sigillati con uno strato di paraffina fusa e coperchi rigidi con nastro adesivo o tappi ad espansione, riempiendo lo spazio tra paraffina e coperchi con sabbia umida.

I campioni dovranno essere contraddistinti da etichette inalterabili che indichino:

- cantiere e sito di indagine;
- data di prelievo;
- numero del sondaggio;
- numero del campione;
- profondità di inizio e fine prelievo;
- tipo di campionatore impiegato;
- parte alta del campione.

Sulla stratigrafia, relativamente ad ogni prelievo (anche nel caso di prelievi non riusciti), dovranno essere riportate le seguenti informazioni:

- lunghezza della manovra di prelievo;
- lunghezza del campione dopo la pulizia effettuata alle due estremità;
- classificazione del terreno che si rinviene alle due estremità;

- misure di consistenza rilevate con "pocket penetrometer" e "torvane";
- eventuali motivazioni per il non avvenuto campionamento (parziale o totale).

2.5.6 Imballaggio e trasporto dei campioni

I campioni destinati al laboratorio devono essere sistemati in casse con adeguati separatori ed imbottiture alle estremità, onde assorbire le inevitabili vibrazioni dovute al trasporto. Le cassette andranno collocate in un locale idoneo a proteggerle dal sole o dalle intemperie fino al momento della spedizione.

Le cassette dovranno contenere un massimo di 6 fustelle, onde facilitarne il maneggio. Saranno dotate di coperchio e maniglie; sul coperchio si indicherà la parte alta.

2.6 Campionamento geomeccanico nei sondaggi

2.6.1 Generalità

Le modalità di campionamento possono prevedere il prelievo dei seguenti tipi di campione:

- a) "spezzone di carota" se prelevato dal materiale riposto nella cassetta catalogatrice;
- b) "indisturbato", se prelevato con apposito triplo carotiere.

I campioni tipo a) devono assicurare una rappresentazione litologica della roccia; i campioni tipo b) non devono subire rotture meccaniche al momento del prelievo conservando inalterate le caratteristiche strutturali.

2.6.2 Campionatori

2.6.2.1 Doppio carotiere NT6S

Si tratta di un doppio carotiere a rotazione costituito da due tubi indipendenti e munito di corona a scarico frontale in modo da preservare il campione dal fluido di perforazione.

Il tubo interno, non rotante, ha la funzione di contenitore del campione; tale tubo campionatore è divisibile longitudinalmente a metà e permette l'esame immediato del campione senza doverlo estrarre meccanicamente.

Il campione, quindi, può essere trasferito nella cassetta portacampioni senza alcun disturbo.

2.6.2.2 Doppio carotiere NT6S con modifica

Si tratta di un doppio carotiere NT6S il cui tubo interno originale viene sostituito con due adattatori che permettono l'alloggiamento di una fustella portacampioni in PVC.

In questo modo si possono ottenere dei campioni di qualità in fustella con formazioni difficili quali argilliti e marne.

2.6.2.3 Triplo carotiere Wire Line

Si tratta di un campionatore Wire Line a tripla parete con fustelle portacampioni in PVC trasparente che permette di prelevare campioni fino a 3 m di lunghezza totale.

Le caratteristiche della fustella in PVC trasparente permettono una descrizione geomeccanica di dettaglio del campione prelevato direttamente in cantiere e la possibilità di scegliere la parte più idonea del campione da sottoporre alle prove di laboratorio. Questo tipo di campionatore permette il prelievo di campioni significativi per prove di laboratorio anche su litotipi dotati di caratteristiche meccaniche particolarmente scadenti.

2.6.3 Modalità esecutive

Nel sistema ad aste l'utilizzo del doppio carotiere NT6S in versione standard o con modifica non comporta particolari operazioni aggiuntive rispetto al carotaggio con doppi carotieri NT6 in quanto i carotieri risultano essere intercambiabili tra loro.

Nel sistema Wire Line, invece, l'utilizzo del triplo carotiere comporta le seguenti operazioni:

- sospensione della perforazione ed estrazione della colonna di aste (PQ-HQ) utilizzate;
- sostituzione della corona con apposita corona per triplo carotiere con spessore maggiorato internamente;
- reimmissione della colonna di aste fino alla profondità precedentemente raggiunta;
- proseguo della perforazione mediante triplo carotiere con fustella in PVC trasparente.

Per riprendere successivamente la perforazione con il doppio carotiere occorrerà ripetere le operazioni sopraelencate sostituendo la corona speciale (PQ3-HQ3) con quella adatta per il doppio carotiere.

2.6.4 Estrusione dei campioni in cantiere

Per l'estrusione del campione dal tubo interno del triplo carotiere dovrà essere utilizzato un apposito estrusore idraulico dotato di regolazione della pressione di estrusione e di tampone a tenuta che impedisca il contatto del campione con il fluido di spinta.

2.6.5 Classificazione e registrazione dei campioni

Dopo il prelievo, i campioni saranno misurati, puliti sulle superfici, descritti in stratigrafia e sigillati con uno strato di paraffina fusa e coperchi rigidi con nastro adesivo. I campioni dovranno essere contraddistinti da etichette inalterabili che indichino:

- cantiere e sito di indagine;
- data di prelievo;
- numero del sondaggio;
- numero del campione;
- profondità di inizio e fine prelievo;
- tipo di campionatore impiegato;
- parte alta del campione.

Sulla stratigrafia, relativamente ad ogni prelievo (anche nel caso di prelievi non riusciti), dovranno essere riportate le seguenti informazioni:

- lunghezza della manovra di prelievo;
- classificazione del terreno che si rinviene alle due estremità;
- eventuali motivazioni per il non avvenuto campionamento (parziale o totale).

2.6.6 Imballaggio e trasporto dei campioni

I campioni destinati al laboratorio dovranno essere sistemati in casse con adeguati separatori ed imbottiture alle estremità, onde assorbire le inevitabili vibrazioni dovute al trasporto. Le cassette andranno collocate in un locale idoneo a proteggerle dal sole o dalle intemperie fino al momento della spedizione e dovranno contenere un massimo di 6 fustelle, onde facilitarne il maneggio. Saranno dotate di coperchio e maniglie; sul coperchio si indicherà la parte alta.

2.7 Campionamenti ambientali nei sondaggi

2.7.1 Generalità

Il prelievo di campioni per la caratterizzazione ambientale di terreni/rocce deve essere seguito secondo le modalità operative previste per l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio ricadenti nella categoria a) modalità di campionamento geotecnico descritta al paragrafo 2.5.

I campioni ambientali superficiali da prelevare entro le profondità di esecuzione dei prescavi sono da prelevare dal fondo e/o dalle pareti di scavo con idonea attrezzatura manuale o meccanica.

2.7.2 Modalità esecutive

Le modalità di esecuzione e di prelievo dei campioni ambientali ricadono in quelle della categoria a) per il campionamento geotecnico e seguono le procedure, accorgimenti e attrezzature descritti per questa categoria, paragrafo 2.5. Le procedure previste devono garantire il corretto prelievo di una porzione di terreno che permetta la rappresentatività chimica della frazione solida, liquida e gassosa del terreno investigato.

2.7.3 Classificazione e registrazione dei campioni

Dopo il prelievo, i campioni saranno raccolti in idonei contenitori, opportunamente etichettati, catalogati e imballati indicando su ogni aliquota di campione:

- cantiere e sito di indagine;
- data di prelievo;
- sigla del sondaggio;
- sigla/codice del campione;
- profondità di inizio e fine prelievo;
- tipo di campionamento ambientale eseguito (tal quale, composito, puntuale, standard, VOC, ecc.).

2.7.4 Imballaggio e trasporto dei campioni

I campioni destinati alle analisi di laboratorio ambientale, una volta prelevati devono essere adeguatamente imballati e sigillati in maniera tale da prevenire qualsiasi contaminazione esterna e dovranno essere trasportati, consegnati ed accettati dal laboratorio di competenza entro e non oltre 48 h dal prelievo. Nel periodo di tempo che precede la consegna, i campioni imballati e sigillati dovranno essere adeguatamente conservati per evitare l'esposizione ad agenti atmosferici che ne possono alterare le proprietà chimico-fisiche.

2.8 Prove geotecniche in foro di sondaggio

2.8.1 Standard Penetration Test (SPT)

2.8.1.1 Descrizione della prova

La prova consiste nella infissione a percussione, secondo una procedura standardizzata, di un campionatore a pareti grosse di dimensioni standard (campionatore Raymond) nel fondo di un foro di sondaggio e nella registrazione dei colpi necessari per una penetrazione di 30 cm (N_{SPT}).

La prova, per la quale è disponibile una vastissima letteratura di correlazioni empiriche, consente di determinare per via indiretta i parametri di resistenza al taglio, di deformabilità e di resistenza alla liquefazione di un terreno non coesivo.

2.8.1.2 Normative e specifiche di riferimento

- * ASTM D 1586 / 1586M – 18E1 - Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) And Split-Barrel Sampling of Soils;
- * A.G.I. (1977) - Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche;
- * ISSMFE Technical Committee (1988) - Standard Penetration Test (SPT): International Reference Test Procedure

Dal momento che le sopra citate norme e raccomandazioni differiscono tra loro per alcuni aspetti relativi alle attrezzature ed alle modalità esecutive, l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto di seguito specificato.

2.8.1.3 Caratteristiche delle attrezzature

2.8.1.3.1 Campionatore

Il tubo campionatore (campionatore Raymond), in acciaio indurito, dovrà avere superfici (interna ed esterna) lisce e dovrà essere apribile longitudinalmente. Il diametro esterno dovrà essere di 51 ± 1 mm, quello interno di 35 ± 1 mm, la lunghezza minima (esclusa la scarpa tagliente terminale) di 457 mm.

La scarpa terminale, rastremata a tagliente negli ultimi 19 mm per favorire la penetrazione, dovrà avere una lunghezza di 76 ± 1 mm e diametri (interno ed esterno) identici a quelli del campionatore. Costituita anch'essa di acciaio indurito, come il campionatore, dovrà essere riparata o sostituita quando sbeccata o distorta.

Il campionatore inoltre dovrà essere dotato nella parte superiore di una valvola a sfera e di aperture di scarico (sfiati) per permettere la fuoriuscita di aria, acqua o fango durante l'infissione. La valvola dovrà essere a tenuta d'acqua nella fase di estrazione del campionatore.

2.8.1.3.2 Aste

Verranno accettate solo aste di diametro 50 mm e di peso per metro lineare 7.23 Kg/cmq.

Le aste dovranno essere dritte, ben avvitate in corrispondenza dei giunti e con flessione totale della batteria pronta per la prova < 1‰.

2.8.1.3.3 Dispositivo di battitura

Il dispositivo di battitura, che dovrà avere un peso totale non superiore a 115 kg, dovrà comprendere:

- * la testa di battuta in acciaio, che dovrà essere strettamente avvitata all'estremità della batteria di aste;
- * il maglio (o massa battente) di acciaio, del peso di 63.5 ± 0.5 kg;
- * il dispositivo di guida e rilascio del maglio, a sganciamento automatico, che deve consentire al maglio una caduta libera di 760 mm, guidata ma con attriti trascurabili.

2.8.1.4 Modalità esecutive

La prova si esegue infiggendo a fondo foro il campionatore per due tratti consecutivi, il primo da 150 mm e il

secondo da 300 mm, annotando il numero di colpi necessario per la penetrazione.

La successione delle operazioni è la seguente:

- * controllare con lo scandaglio la quota del fondo foro confrontandola con quella raggiunta con la manovra di perforazione o di pulizia precedentemente fatta; può risultare dal controllo che la quota misurata sia più alta del fondo del foro, per effetto dei rifluimenti o per decantazione di detriti in sospensione nel fluido; se tale differenza supera 7 cm la prova non può essere eseguita e si deve procedere ad una nuova pulizia del foro;
- * procedere alla infissione preliminare di 150 mm contando ed annotando il numero di colpi del maglio, fino ad un massimo di 50 colpi;
- * procedere alla infissione del tratto di 300 mm contando ed annotando separatamente il numero di colpi relativi ai primi 150 mm ed ai secondi 150 mm fino ad un massimo di 100 colpi complessivi; il rifiuto si considera raggiunto quando, dopo l'infissione preliminare, che è pari a 150 mm o 50 colpi, si ottengono 100 colpi per un avanzamento minore od uguale a 300 mm; nel caso di rifiuto, si dovrà annotare la lunghezza di infissione corrispondente ai 100 colpi (in cm); la frequenza di battitura in tutte le fasi della prova non deve essere superiore a 30 colpi al minuto;
- * ad estrazione avvenuta, aprire il campionatore, misurare e descrivere il campione prelevato, trascurando l'eventuale parte alta costituita da detriti, e quindi sigillarlo in un contenitore cilindrico a tenuta d'aria (sacchetto o barattolo di plastica) che deve consentire l'esame del campione senza mescolamenti fra le varie parti.

A ciascun contenitore andrà fissata un'etichetta contenente le seguenti informazioni:

- * cantiere;
- * n° del sondaggio;
- * n° del campione;
- * profondità della prova;
- * lunghezza del campione;
- * data della prova;
- * n° di colpi per ogni singolo tratto di 15 cm.

2.8.1.5 Documentazione

La documentazione dovrà comprendere, per ciascuna prova eseguita ad una determinata profondità, le seguenti informazioni:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore)
- * n° del sondaggio;
- * metodo di perforazione;
- * diametro delle aste;
- * diametro del rivestimento, se impiegato;
- * profondità della base del rivestimento, se impiegato;
- * profondità raggiunta con la manovra di perforazione e pulizia;
- * profondità di inizio della prova;
- * penetrazione iniziale per peso proprio delle aste del campionatore;
- * numero dei colpi necessari per l'infissione del tratto preliminare e dei tratti di prova;
- * lunghezza e descrizione geotecnica del campione estratto;
- * osservazioni e note eventuali.

2.8.2 Prova scissometrica (Vane Test)

2.8.2.1 Descrizione della prova

La prova consiste nell'infiggere nel terreno naturale al fondo di un foro di sondaggio una paletta a quattro lame metalliche ortogonali (sezione a croce greca), collegata alla superficie mediante una batteria di aste metalliche, ed imprimere una rotazione misurando lo sforzo torsionale necessario per portare il terreno alla rottura.

La prova scissometrica consente di misurare la resistenza al taglio non drenata di terreni coesivi saturi di media e bassa consistenza.

2.8.2.2 Normative e specifiche di riferimento

- * ASTM D 2573 / 2573M - 18 - Standard Test Method For Field Vane Shear Test In Saturated Fine-Grained Soils;
- * A.G.I. (1977) - Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche
L'Appaltatore dovrà comunque attenersi a quanto di seguito specificato.

2.8.2.3 Caratteristiche delle attrezzature

2.8.2.3.1 Paletta

Sarà costituita da 4 rettangoli di lamiera d'acciaio sottile uniti lungo uno dei lati maggiori, con sezione trasversale a croce greca.

Per ciò che riguarda le dimensioni della paletta, la norma ASTM D 2573 ammette diametri del cilindro ottenuto dalla rotazione della paletta di 38.1, 50.8, 63.5 e 92.1 mm, e subordina l'utilizzo di diametri diversi all'approvazione da parte del responsabile del progetto delle indagini. Data la maggiore diffusione in Italia di scissometri provvisti di palette di diametro pari a 45, 55 e 65 mm, si raccomanda l'utilizzo di questi ultimi diametri.

L'altezza della paletta dovrà essere pari a 2 volte il diametro.

La scelta del diametro di paletta da impiegare dovrà essere fatta in funzione della forza di torsione massima che dovrà essere applicata, in base alla prevedibile resistenza del terreno da provare (più il terreno è consistente, più piccolo dovrà essere il diametro della paletta e viceversa).

Per non disturbare il terreno in cui penetra, la paletta dovrà avere dimensioni tali che il rapporto fra l'area della sezione trasversale delle quattro palette e l'area della sezione trasversale del cilindro ottenuto dalla rotazione delle stesse non superi il 10%.

2.8.2.3.2 Aste di collegamento

Una batteria di aste d'acciaio collega la paletta con lo strumento di torsione in superficie.

Le aste dovranno presentare elevate caratteristiche di rigidità a torsione e flessione, affinché gli sforzi applicati all'estremità superiore vengano trasmessi integralmente a quella inferiore, cioè alla paletta.

2.8.2.3.3 Rivestimento

La batteria di tubi metallici di rivestimento deve assolvere le seguenti funzioni:

- * irrigidimento della batteria di aste;
- * reazione allo sforzo di torsione applicato in superficie;
- * trasmissione della spinta verticale necessaria per infiggere tutto il dispositivo alla profondità voluta.

Le aste di collegamento fra le palette e la superficie devono poter ruotare all'interno del rivestimento senza apprezzabili attriti. Appositi distanziatori su cuscinetti a sfere devono pertanto essere inseriti a distanze non superiori a 3 m.

2.8.2.3.4 Strumento di torsione

Lo strumento di torsione viene applicato all'estremità superiore della batteria di aste che collegano la paletta ed è collegato all'estremità della batteria di rivestimento (per la necessaria reazione); per mezzo di questo strumento si applicano e si misurano mediante un dinamometro gli sforzi di torsione necessari per portare il terreno a rottura.

Lo strumento di torsione deve possedere i seguenti requisiti:

- * impermeabilità all'acqua;
- * sensibilità < 1% dello sforzo massimo applicabile;
- * indicatore del massimo sforzo raggiunto durante la prova;
- * indifferenza alle variazioni della temperatura ambiente.

2.8.2.4 Modalità esecutive

Le prove potranno essere eseguite "senza estrazione" oppure "con estrazione" dello strumento dopo ogni prova, in accordo con il progetto delle indagini.

La successione delle operazioni è la seguente:

- * prima di calare la batteria di aste con scissometro, si misurerà la quota di fondo foro con scandaglio a filo; se necessario, il fondo foro sarà ripulito con apposita manovra di perforazione con carotiere semplice (senza circolazione di fluido) o con attrezzo di lavaggio a fori radiali;
- * si calerà quindi la batteria di prova;
- * si bloccherà la batteria esterna (rivestimento) sulla quale si svilupperà la reazione durante la prova;
- * si infiggerà la paletta nel terreno per 50 cm dal fondo foro, senza applicare tensioni torsionali;
- * si ruoterà la paletta dalla superficie, impiegando preferibilmente un dispositivo con riduttore, ad una velocità di 0.1°/s (6°/min) misurando il momento torcente necessario per portare a rottura il terreno (resistenza al taglio di picco);
- * dopo la rottura, si ruoterà per almeno 10 giri completi la paletta, e si misurerà il nuovo valore del momento torcente applicato (resistenza al taglio residua);
- * a prova ultimata si farà rientrare la paletta nella scarpa di protezione applicando alla batteria di aste interne un leggero tiro in estrazione;
- * nel caso di prova "con estrazione" si estrarrà lo strumento di prova per riprendere la perforazione;
- * nel caso di prova "senza estrazione" si spingeranno entrambe le batterie fino a 50 cm al di sopra della quota della successiva prova; in ogni caso ogni 4 m di infissione o quando i risultati facciano sorgere dubbi riguardo l'efficienza della paletta, si provvederà all'estrazione e al controllo dello strumento.

2.8.2.5 Documentazione

La documentazione di ogni prova dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore)
- * n° del sondaggio;
- * diametro di perforazione e di rivestimento, profondità del rivestimento, metodo e attrezzatura impiegata per la pulizia di fondo foro;
- * stratigrafia del sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- * profondità della prova;
- * dimensioni della paletta utilizzata;
- * letture allo strumento di torsione e/o grafici sforzo-deformazione (nel caso di registrazione con centralina elettronica)
- * valori della resistenza al taglio "di picco" e "residua";
- * certificato di taratura del dispositivo di torsione, non anteriore di 6 mesi alla data di esecuzione della prova;
- * osservazioni e note eventuali.

2.8.3 Prova pressiométrica tipo Menard (MPM)

2.8.3.1 Descrizione della prova

La prova pressiométrica tipo Menard consiste nell'introdurre in un foro di sondaggio una sonda cilindrica e nel farla espandere radialmente contro le pareti del foro, misurando la conseguente deformazione volumetrica del terreno.

La prova viene eseguita in controllo di carico misurando la deformazione volumetrica corrispondente ad ogni incremento di carico.

Perché i risultati della prova siano attendibili, è indispensabile che il disturbo del terreno circostante il foro del sondaggio sia ridotto al minimo.

La prova pressiométrica tipo Menard potrà essere eseguita sia in terreni (pressioni massime raggiungibili ≥ 5 MPa) sia in rocce tenere (pressioni massime raggiungibili ≥ 10 MPa).

2.8.3.2 Normative e specifiche di riferimento

- * ASTM D 4719 - 20 - Standard Test Method for Pressuremeter Testing in Soils
- In ogni caso l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto di seguito specificato.

2.8.3.3 Caratteristiche delle attrezzature

2.8.3.3.1 Sonda pressiométrica

E' una sonda cilindrica ad espansione idraulica, costituita da una cella di misura centrale e da due celle di

guardia laterali; la cella di misura centrale è piena di acqua e, messa in pressione da una sorgente di aria compressa attraverso un riduttore e un serbatoio separatore aria - acqua, viene fatta espandere radialmente misurandone la variazione di volume; le celle di guardia devono impedire, durante la prova, deformazioni della cella di misura che non siano quelle radiali.

La sonda potrà avere un diametro compreso tra 44 mm e 70 mm. La lunghezza complessiva della sonda (somma della cella di misura e delle celle di guardia) dovrà essere pari ad almeno 6 volte il diametro.

Le pareti della cella di misura consisteranno di una membrana interna di gomma e di un involucro deformabile esterno in grado di adattarsi alla forma progressivamente assunta dalle pareti del foro nel corso della prova.

La membrana potrà essere protetta da un involucro esterno a lamelle metalliche parzialmente sovrapposte ("tubo lanternato"), qualora reso necessario dalla natura del terreno (terreni granulari contenenti ghiaie o ciottoli e rocce tenere).

2.8.3.3.2 Apparato di espansione

L'apparato di espansione delle celle deve permettere di variare il volume e la pressione all'interno delle stesse in forma del tutto regolabile e controllabile mediante la centralina di misura.

2.8.3.3.3 Tubi di connessione

I tubi di connessione delle celle con gli apparati di espansione e misura saranno di tipo plastico rigido. I tubicini della cella di misura saranno preferibilmente inseriti coassialmente nella tubazione che porta il gas alle celle di guardia, in modo da annullare le variazioni di volume nelle tubazioni relative alla cella di misura.

2.8.3.3.4 Centralina di misura

La centralina di misura deve includere un meccanismo per l'applicazione di incrementi controllati di pressione alla cella di misura ed un regolatore della pressione del gas nelle celle di guardia. Le pressioni dei fluidi saranno tutte leggibili a mezzo di manometri adeguatamente tarati. La sensibilità dei manometri deve essere tale da consentire la precisione di lettura specificata nelle modalità esecutive.

Le variazioni di volume verranno lette in corrispondenza di tubicini graduati con risoluzione minima di 0.01 cm³, necessaria quando tali variazioni diventino inferiori a 0.5 cm³ per incrementi di pressione di 1 bar.

2.8.3.4 Calibrazioni e controlli

Prima di iniziare ogni prova, si procederà alla calibrazione del sistema determinando le perdite di pressione e le perdite di volume.

a) Perdite di pressione

Le perdite di pressione sono legate alla inerzia della membrana e delle eventuali strisce metalliche di rinforzo ("tubo lanternato"). La calibrazione dovrà essere eseguita in superficie facendo espandere la sonda senza confinamento (in aria) e misurando le pressioni necessarie alle diverse deformazioni volumetriche.

La calibrazione deve essere svolta con cautela per non provocare lo scoppio della sonda.

L'espansione dovrà avvenire con incrementi di pressione da 10 KPa, da mantenersi per 60 secondi, con letture di volume al termine di tale tempo.

Le pressioni registrate durante la prova verranno corrette detraendo il valore di pressione necessario a deformare la sonda in aria al volume corrispondente.

b) Perdite di volume

Le perdite di volume dovute alla elasticità dei tubi di collegamento e del serbatoio aria - acqua saranno determinate in superficie introducendo la sonda pressiometrica in un tubo di acciaio rigido e di grosso spessore, utilizzando per i collegamenti una lunghezza di tubi analoga a quella che verrà adottata nelle successive prove in sito; la membrana della sonda verrà dilatata contro il tubo metallico indeformabile, aumentando la pressione per gradi fino ai valori presumibili delle successive misure in sito.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla calibrazione del volume nel caso di prove in rocce tenere, dato che le variazioni di volume durante la prova sono molto piccole e dello stesso ordine di grandezza di quelle dovute all'elasticità del sistema.

2.8.3.5 Preparazione del foro

La perforazione del foro nel quale eseguire la prova dovrà essere eseguita con tutti i possibili accorgimenti

necessari per evitare disturbi delle pareti e del terreno circostante.

Il tratto di foro da sottoporre a prova dovrà risultare uniforme, liscio, privo di gradini e scavernamenti. Dovrà essere pertanto ricavato con utensile molto tagliente, senza riprese, in assenza o con un minimo di fluido di circolazione.

La perforazione del foro, nel caso di terreni, dovrà precedere direttamente la prova, che dovrà essere eseguita appena terminata la manovra di perforazione; nel caso di rocce tenere, l'intervallo di tempo tra perforazione ed esecuzione della prova dovrà essere comunque il più ridotto possibile e preferibilmente contenuto in non più di poche ore.

Il diametro del foro deve essere calibrato correttamente, con il minimo eccesso possibile rispetto alla sonda, per consentire la massima dilatazione della cavità a parità di volume del fluido iniettato; ciò è utile sia per la sicurezza operativa che per la valutazione della pressione limite; il diametro di perforazione sarà quindi definito sulla base del diametro della sonda da utilizzare per la prova, e nel rispetto della seguente espressione (v. norma ASTM D 4719 - 20):

$$1.03 D_{PM} < D_H < 1.20 D_{PM}$$

dove: D_{PM} = diametro della sonda pressiometrica

D_H = diametro del foro

Un contenimento del diametro del foro entro la misura di $1.10 D_{PM}$ è preferibile.

Le pareti del foro dovranno essere rimaneggiate il meno possibile affinché la prova interessi un terreno ragionevolmente intatto.

E' assolutamente vietato realizzare la prova in corrispondenza di tratti del foro ove siano state prelevate preventivamente campionature per esami di laboratorio.

Si dovranno evitare inoltre le seguenti possibili cause di disturbo del terreno:

- * compressione del terreno ad opera dell'utensile di perforazione o durante l'introduzione della sonda;
- * perturbazione meccanica dovuta alla rotazione, alla percussione, alle vibrazioni od ai movimenti verticali dell'utensile;
- * rammollimento od erosione ad opera dell'eventuale fluido di perforazione;
- * decomposizione per rifluimento o rigonfiamento del terreno.

Il metodo di perforazione dovrà essere adattato alla natura del terreno in base all'esperienza e alla disponibilità di mezzi alternativi, per la messa a punto del migliore nei casi più difficili o nei casi di scarse informazioni geognostiche preliminari.

Quando il terreno ha una coesione sufficiente a garantire la stabilità del foro, almeno a breve termine e con l'eventuale ausilio di fango bentonitico, i mezzi utilizzabili, a seconda della consistenza del terreno e della profondità da raggiungere, sono i seguenti:

- a) campionatore a pareti sottili (con tagliente interno) infisso a pressione;
- b) carotiere a rotazione;
- c) utensile disgregatore con circolazione di fluido a rotazione;

Per le rocce molto tenere, alterate o scistose si richiedono cautele nella preparazione del foro; in particolare verranno richiesti doppi carotieri o campionatori rotativi.

In caso di rocce molto fratturate o molto eterogenee si può utilizzare il metodo della cementazione e riperforazione.

La tecnica da utilizzarsi per la preparazione del foro dovrà essere sempre comunicata alla Direzione Lavori. L'eventuale adozione di metodologie di perforazione diverse da quelle sopra indicate dovrà essere preventivamente autorizzata dalla Direzione Lavori.

2.8.3.6 Modalità esecutive

Le prove dovranno essere eseguite esclusivamente in avanzamento e non dovrà esserci soluzione di continuità tra la fine della perforazione della tasca di prova e la discesa a quota della sonda pressiometrica.

Prima di posizionare la sonda pressiometrica nel foro, si procederà alla accurata lettura del volume della cella di misura alla pressione atmosferica. Tutti i circuiti saranno disaerati e i manometri azzerati con sonda a piano campagna. Il circuito per il controllo dei volumi sarà quindi chiuso e la sonda calata nel foro in queste condizioni. La profondità della prova viene assunta essere quella corrispondente al punto medio della cella di misura.

La pressione che deve essere mantenuta nelle celle di guardia durante la prova non dovrà mai essere superiore a quella agente all'interno della cella di misura.

Una volta posizionata la sonda la pressione dovrà essere incrementata con uguali intervalli di carico. Si raccomandano almeno 10 incrementi di carico; i valori di ciascun incremento di carico dovranno essere stabiliti in accordo al progetto delle indagini o definiti nel corso della prova stessa, in accordo con la Direzione Lavori. La prova potrà essere conclusa quando l'espansione della cella nel corso di un incremento di carico diventa maggiore di circa 1/4 dell'originale volume della cella di misura oppure, come nel caso di prove in roccia, quando viene raggiunto il fondo scala della pressione applicabile.

Le letture relative alle variazioni di volume della sonda (e quindi del terreno) dovranno essere effettuate dopo 30" e dopo 60" dall'inizio della applicazione di ogni incremento di carico.

Le misure dovranno essere registrate con una precisione pari allo 0.2% del volume della cella di misura (in condizioni di pressione atmosferica) e quelle di pressione con una precisione pari al 5% del valore della pressione limite.

La prova non potrà essere eseguita se la deformazione iniziale della membrana risulta superiore a 300 cm³; ove ciò si verificasse, dovrà essere perforata una nuova tasca di prova, immediatamente al di sotto della precedente, con modalità e utensili tali da evitare il ripetersi del fenomeno.

Salvo diversa disposizione scritta dalla Direzione Lavori o contenuta nel progetto delle indagini, dovrà essere eseguito un ciclo di scarico-ricarico in corrispondenza della fase pseudo-elastica della prova. Il ciclo di scarico-ricarico dovrà iniziare al termine del tratto pseudo-elastico della prova (quando gli incrementi nelle deformazioni diventano più che proporzionali rispetto agli incrementi di pressione) e dovrà comprendere almeno 1 gradino di scarico (pari generalmente al 25% della pressione raggiunta e comunque non superiore al 50%) e 2 gradini di ricarica.

Una volta conclusa la prova, la sonda sarà depressurizzata e riportata in superficie.

2.8.3.7 Calcoli

Il modulo pressiométrico dovrà essere calcolato in accordo alla seguente espressione:

$$E_p = 2 (1 + \mu) (V_o + V_m) \Delta P / \Delta V$$

dove: E_p = modulo pressiométrico
 μ = rapporto di Poisson
 V_o = volume della cella di misura alla pressione atmosferica
 V_m = volume corretto nella parte centrale dell'incremento ΔV ; $V = V_r - V_c$, per V_r = volume da lettura a manometro e V_c = correzione volumetrica alla pressione corrispondente in base alla curva di calibrazione
 ΔP = incremento di pressione (corretta) nella parte centrale della porzione rettilinea della curva pressione-volume
 ΔV = incremento di volume nella parte centrale della porzione rettilinea della curva pressione-volume, corrispondente all'incremento di pressione ΔP

2.8.3.8 Documentazione

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore)
- * n° del sondaggio;
- * diametro di perforazione e di rivestimento, profondità del rivestimento;
- descrizione stratigrafica del terreno nell'intervallo di prova;
- livello piezometrico nel foro di sondaggio;
- metodo e attrezzature utilizzate per la preparazione del foro;
- profondità della prova da p.c. (punto medio della cella di misura);
- caratteristiche e dimensioni della attrezzatura (in particolare sonda pressiométrica e membrana);
- curva di calibrazione per le perdite di volume;
- curva di calibrazione per le perdite di pressione;
- tabella con le letture volumetriche a 30" e a 60" dall'applicazione dell'incremento di pressione;
- curva di cantiere con i valori non corretti di pressione (kPa) e volume a 60" (cm³);
- curva pressiométrica (valori corretti);

- curva di creep;
- determinazione di v_0 (volume iniziale) e p_0 (pressione iniziale);
- determinazione di v_F (volume di scorrimento o fluage) e p_F (pressione di scorrimento o fluage);
- calcolo del modulo pressiometrico (nel caso di prova con ciclo di scarico-ricarico dovrà essere calcolato anche il modulo nell'asola disegnata dal ciclo eseguito);
- calcolo della pressione limite p_L ;
- note su qualsiasi variazione rispetto alle modalità di prova;
- copia dei certificati di taratura dei manometri, non anteriori di 6 mesi alla data di esecuzione della prova.

2.8.4 Prove di permeabilità tipo Lefranc

2.8.4.1 Descrizione della prova

La prova consente di misurare la permeabilità (o conducibilità idraulica) del terreno in un foro di sondaggio; a seconda della geometria realizzata in corrispondenza del tratto di foro prescelto e quindi della direzione del flusso che si instaura durante la prova, la permeabilità misurata sarà quella orizzontale (K_h) o quella verticale (K_v).

La prova, che può essere eseguita per immissione o estrazione di acqua dal foro, può essere condotta a carico idraulico costante o variabile, a seconda della conducibilità idraulica del terreno: se elevata si potrà eseguire una prova a carico costante, se bassa una prova a carico variabile.

2.8.4.2 Normative e specifiche di riferimento

* A.G.I. (1977) - Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche

In ogni caso l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto di seguito specificato.

2.8.4.3 Modalità esecutive

Dovranno essere tenuti presenti i seguenti aspetti fondamentali:

* la perforazione dovrà essere eseguita senza l'impiego di fanghi utilizzando come fluido di circolazione solo acqua pulita;

* è necessario evitare che all'esterno del rivestimento metallico utilizzato per sostenere la parete del foro si crei una via preferenziale di scorrimento dell'acqua immessa durante la prova;

* è altresì necessario evitare che, nel perforare il tratto da sottoporre a prova, si verifichino vistosi fenomeni di "bruciatura" sul fondo del foro e "spalmatura" di terreno coesivo sulla parete del foro, tali da alterare la composizione granulometrica e la compattezza del terreno interessato.

La preparazione del tratto di terreno per la misura del coefficiente di permeabilità andrà realizzata in relazione al tipo di schema prescelto:

* nel caso di prova su fondo filtrante piano, si dovrà infiggere il rivestimento a secco (senza circolazione di fluido) negli ultimi 20-30 cm, in modo da bloccare all'acqua le vie preferenziali di flusso; si dovrà poi eseguire un lavaggio all'interno del rivestimento utilizzando un attrezzo a fondo piano e con fori radiali di fuoriuscita del fluido;

* nel caso di prova con filtro cilindrico, si dovrà infiggere un primo rivestimento esterno fino al tetto del tratto da provare: anche in questo caso tale rivestimento dovrà essere infisso a secco (senza circolazione di fluido) negli ultimi 20-30 cm, in modo da bloccare all'acqua le vie preferenziali di flusso; si dovrà poi inserire un secondo rivestimento, telescopico ed interno al primo, facendolo penetrare con leggera circolazione d'acqua pulita, fino alla base del tratto da provare; si eseguirà quindi il lavaggio all'interno del rivestimento e si immetterà da bocca foro il dreno di ghiaia fine estraendo tutto il rivestimento interno e scoprendo in tal modo il tratto di foro non rivestito da provare; il dreno di ghiaia deve essere mantenuto in questa fase appena sopra l'estremità inferiore del rivestimento esterno; in certi terreni (per esempio in sabbie fini) è necessario utilizzare un dreno più fine, quale ad esempio una sabbia medio-grossolana, per prevenire il parziale intasamento;

* dovendo determinare il coefficiente di permeabilità verticale, si dovrà ancora utilizzare una seconda colonna di rivestimento, interna a quella di sondaggio, alla cui estremità è avvitato un cilindro di acciaio a pareti sottili sagomato a tagliente (tipo fustella per campioni indisturbati) da poter infiggere a pressione a fondo foro, per un tratto pari a circa 2 diametri; tutta la batteria interna, cilindro terminale compreso, deve essere a tenuta.

Nel caso in cui si debba determinare la permeabilità di terreni al di sopra del livello della falda freatica, le prove da eseguirsi dovranno essere precedute da una fase di saturazione, da considerarsi conclusa quando si

raggiunga, in condizioni di portata immessa costante, la stabilità del livello dell'acqua all'interno del foro. Tale fase di saturazione dovrà comunque avere una durata non inferiore a 30 minuti.

2.8.4.3.1 Prova di permeabilità a carico idraulico variabile

La prova potrà essere eseguita per immissione o per estrazione di acqua dal foro.

La prova per immissione dovrà essere eseguita con le seguenti modalità:

- * misurare il livello della falda prima di eseguire la prova;
- * alzare il più possibile il livello del rivestimento e riempire con acqua fino all'estremità superiore del tubo;
- * dal momento in cui si sospende l'immissione dell'acqua si inizia a misurarne il livello nel rivestimento ad intervalli di tempo frequenti, annotando ora, minuto e secondo di ciascuna lettura; gli intervalli di tempo, cioè la frequenza delle letture, verranno scelti basandosi sulla velocità di discesa dell'acqua nel rivestimento; a titolo di orientamento si dovrebbero eseguire le letture a decrementi circa costanti di livello dell'acqua; se l'altezza iniziale dell'acqua nel foro è 2 m o più al di sopra del livello freatico, si prenderanno le letture ogni 100 mm circa di discesa; se il dislivello iniziale è minore (ad esempio 0.5 ÷ 1 m) le letture verranno fatte ogni 25 ÷ 50 mm; le letture verranno proseguite fino a che il dislivello dell'acqua è inferiore ad 1/5 di quello all'inizio della prova;

Il coefficiente di permeabilità K (m/s) può essere determinato utilizzando la seguente formula:

$$K = \frac{A}{F * T}$$

dove: A = area della sezione trasversale del foro al livello dell'acqua, cioè la sezione del rivestimento (m²)

F = fattore di forma che dipende dalla geometria della prova (m)

T = tempo di riequilibrio (basic time-lag) (s)

Il calcolo del fattore di forma F viene eseguito con la soluzione analitica indicata da Hvorslev (1951), scelta in base alla geometria della prova.

Per la determinazione di T si devono diagrammare i valori del rapporto h/h₀, in scala logaritmica, con i corrispondenti valori di tempo t in scala decimale (t = 0 all'inizio della prova quando h/h₀ = 1, essendo h l'altezza misurata e h₀ l'altezza iniziale). Si traccia poi la retta che meglio collega i punti sperimentali diagrammati. In qualche caso, i punti sperimentali per valori di h/h₀ vicini ad 1 possono seguire una curva; ciò deve essere trascurato e la linea retta va tracciata attraverso i restanti punti. Si disegna quindi una retta parallela a quella precedente, ma che passa per l'origine degli assi (h/h₀ = 1; t = 0). Il valore del tempo t letto in corrispondenza del rapporto h/h₀ = 0.37 è il valore richiesto del tempo di riequilibrio T.

La prova per estrazione viene eseguita in un foro rivestito quando è possibile abbassare il livello dell'acqua nel rivestimento mediante una pompa.

La preparazione del foro e della sezione di prova è analoga a quella della prova per immissione.

L'acqua viene estratta dal foro fino quasi alla quota della scarpa del rivestimento e le letture del livello dell'acqua vengono effettuate a diversi intervalli di tempo man mano che il livello risale nel foro. Le letture dovrebbero seguire gli stessi criteri indicati per la prova ad immissione, così come si annoteranno gli stessi dati inerenti la prova. Le letture verranno proseguite fino a che la differenza tra il livello dell'acqua nel foro e quello corrispondente alla falda sia inferiore a 1/5 della differenza ad inizio prova.

Il calcolo del coefficiente di permeabilità è condotto nel medesimo modo che per la prova di immissione. I valori del fattore di forma F sono i medesimi, poiché la geometria del flusso è simile anche se rovesciata.

2.8.4.3.2 Prova di permeabilità a carico idraulico costante

La prova, una volta preparato il tratto di prova in base allo schema prescelto, va eseguita con le seguenti modalità:

- * immettere (o emungere) acqua pulita nella batteria di rivestimento fino alla determinazione di un carico idraulico costante, cui corrisponde una portata costante nel tempo;
- * la portata immessa (o emunta) a regime idraulico costante deve essere misurata con un contaltri di sensibilità pari a 0.1 l (la calibrazione del contaltri deve essere verificata in sito riempiendo un recipiente

di volume noto e di capacità superiore a 100 l);

- * mantenere le condizioni di immissione (o emungimento) a regime costante, senza variazione alcuna, per una durata minima di 10 minuti;
- * la costanza del livello piezometrico viene controllata con una sondina elettrica, se in profondità, e con un'asta graduata, se prossimo a bocca foro;
- * la costanza dell'altezza e la misura della portata vengono controllate ogni 2 minuti (durata complessiva della prova 10 minuti) oppure ogni 5 minuti (durata complessiva della prova 30 minuti).

Il coefficiente di permeabilità K (m/s) viene determinato utilizzando la seguente formula:

$$K = \frac{Q}{F * h}$$

dove: Q = portata immessa o emunta (m^3/s)
 F = fattore di forma che dipende dalla geometria della prova (m)
 h = differenza di altezza del livello dell'acqua provocato dall'immissione o dall'emungimento (m)

2.8.4.4 Documentazione

La documentazione di prova dovrà contenere i seguenti dati:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore)
- * n° del sondaggio;
- * diametro di perforazione e di rivestimento, profondità del rivestimento;
- stratigrafia del sondaggio;
- livello piezometrico della falda;
- metodo e attrezzature utilizzate per la preparazione del tratto di prova;
- * modalità di prova (carico idraulico costante o variabile, per immissione o estrazione);
- profondità da p.c. del tetto e della base del tratto di prova;
- * caratteristiche geometriche (diametro e lunghezza del tratto di prova non rivestito, diametro interno e profondità del rivestimento, carico idraulico costante o valore iniziale di carico idraulico per le prove a carico variabile);
- * tempo di inizio della prova;
- * letture dei tempi e dei relativi valori di volume di acqua immessa o emunta (prove a carico costante) o dei valori di profondità dell'acqua nel foro (prove a carico variabile);
- * calcolo del coefficiente di permeabilità;
- * eventuali note e osservazioni.

2.8.5 Prova di permeabilità tipo Lugeon

2.8.5.1 Descrizione della prova

La prova consiste nell'iniettare acqua in pressione entro un tratto isolato di foro di sondaggio in roccia e nel misurare i volumi assorbiti a diverse pressioni. La prova consente di misurare la permeabilità di un ammasso roccioso.

La prova può essere eseguita in avanzamento, cioè con il procedere della perforazione, oppure in risalita, a fine perforazione. Nel primo caso si sottopone a prova il tratto terminale del foro, isolando la parte alta con un otturatore (packer) espandibile contro la parete del foro. Nel secondo caso il tratto di prova viene scelto a piacimento lungo tutta l'altezza del foro, ma deve essere isolato sia verso l'alto che verso il basso con un doppio otturatore.

2.8.5.2 Normative e specifiche di riferimento

- * AGI Associazione Geotecnica Italiana (1977) - Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche

2.8.5.3 Caratteristiche delle attrezzature

L'esecuzione della prova richiede l'attrezzatura elencata di seguito:

- * otturatore singolo, per prove in avanzamento, costituito da un tubo metallico sul quale è applicata una

membrana di gomma gonfiabile (con liquido o gas) contro la parete del foro; per una buona tenuta dell'otturatore, la pressione di gonfiaggio deve essere superiore di $0.2 \div 0.3$ MPa a quella di iniezione dell'acqua;

- * otturatore doppio, per prove in risalita; il tubo di collegamento dei due otturatori, che fornisce acqua alla camera di iniezione, deve essere tale da avere una superficie forata $A_f \geq 2 A_t$, essendo A_t la superficie della sezione cava del tubo;
- * pompa centrifuga in grado di raggiungere pressioni di iniezione almeno pari a 1 MPa con portate elevate;
- * contaltri, inserito nel circuito di mandata della pompa, per la misura delle portate immesse, con precisione di 0.1 l;
- * manometro per la misura della pressione di iniezione, con precisione di 0.05 MPa e fondo scala pari a $1.2 \div 1.5$ MPa;
- * tubazioni idrauliche di adduzione dell'acqua nel tratto di prova;
- * eventuale circuito indipendente di misura delle pressioni (trasduttore di pressione inserito nella camera di iniezione).

2.8.5.4 Calibrazioni

Il contaltri dovrà essere tarato in sito, prima di iniziare le prove, riempiendo un contenitore di volume noto e superiore a 100 l.

In assenza di un circuito indipendente di misura della pressione, dovranno essere valutate le perdite di carico nei tubi di adduzione, ad esempio con il metodo di un tubo campione posto orizzontalmente in superficie e collegato alla pompa con l'interposizione del manometro. Si calcolerà la perdita di carico corrispondente alla portata Q come $p_c = p/l$, dove p_c = perdita di carico per metro (MPa/m), p = pressione al manometro (MPa) e l = lunghezza del tubo (m).

La prova sarà ripetuta per almeno tre valori della portata Q , ottenendo una curva $P_c = f(Q)$.

2.8.5.5 Modalità esecutive

Se non diversamente richiesto dalla Direzione Lavori, le prove si eseguiranno in avanzamento con otturatore singolo.

2.8.5.5.1 Prova in avanzamento

L'otturatore dovrà essere calato nel foro dopo aver misurato il livello della falda (stabilizzata) nel foro di sondaggio con sonda piezometrica.

Il foro dovrà essere privo di rivestimento; il fluido di perforazione dovrà essere costituito da sola acqua priva di additivi.

L'otturatore sarà espanso ad isolare il tratto finale del foro per una lunghezza $L \geq 5 D$, dove L è la lunghezza del tratto di foro isolato e D è il diametro del foro: in genere la lunghezza del tratto da provare varia da meno di 1 m a 5 m, a seconda della permeabilità dell'ammasso roccioso.

Si procederà ad iniettare acqua nel tratto di prova, eseguendo almeno tre diversi gradini di pressione in salita e ripetendo gli stessi primi due gradini in discesa.

Ciascun gradino di portata, in salita o in discesa, sarà mantenuto per almeno $10 \div 20$ minuti primi dopo il raggiungimento della stabilizzazione degli assorbimenti (regime di equilibrio). La costanza della portata deve essere controllata ogni 2 minuti e le variazioni non devono essere superiori a 0.1 l/s.

La scelta dei valori dei gradini di pressione dipenderà dal tipo di ammasso roccioso e dagli specifici obiettivi progettuali delle prove, a discrezione della Direzione Lavori. Non si supereranno comunque valori di 1 MPa, e solo nei casi di elevata resistenza meccanica dell'ammasso roccioso. In condizioni diverse, in ammassi rocciosi poco resistenti è preferibile non superare pressioni di 0.3 MPa e in ammassi rocciosi mediamente resistenti pressioni di 0.5 MPa. In condizioni di prova a scarsa profondità, in ammassi rocciosi poco resistenti, si ammettono limiti massimi di pressione non superiori a 0.3 MPa.

La tabella seguente propone alcuni esempi di riferimento.

Gradini di pressione per prove Lugeon

<i>Condizioni di prova</i>	<i>Gradini di pressione</i> [MPa]
ammassi rocciosi poco resistenti, a profondità inferiori a 5 m da p.c.	0.05 - 0.15 - 0.25 - 0.15 - 0.05
ammassi rocciosi poco resistenti	0.1 - 0.2 - 0.3 - 0.2 - 0.1
ammassi rocciosi mediamente resistenti	0.1 - 0.3 - 0.5 - 0.3 - 0.1
ammassi rocciosi molto resistenti	0.2 - 0.4 - 0.8 - 0.4 - 0.2

Si dovrà tracciare il grafico delle portate (l/min.) in funzione delle pressioni in camera di iniezione (MPa), per ciascun gradino in andata e in ritorno; la pressione (p) sarà quella corretta:

$$p = p_m + \gamma_w h - p_c$$

dove: p_m = pressione letta al manometro
 γ_w = densità dell'acqua
 h = distanza verticale tra il manometro ed il livello statico della falda
 p_c = perdita di carico nel circuito

Durante la prova si provvederà a mantenere pieno di acqua il foro di sondaggio, per osservare la perfetta tenuta idraulica dell'otturatore. Nel caso di perdite, cioè di passaggio d'acqua dalla camera di iniezione al foro sovrastante, segnalato da un innalzamento del livello d'acqua nel foro, la prova sarà interrotta e ripresa dopo i necessari interventi correttivi.

Qualora lo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso fosse tale da non assicurare la tenuta dell'otturatore, le prove saranno eseguite in avanzamento previa cementazione e riperforazione del tratto di foro al di sopra del tratto di prova, in modo da creare una superficie adatta ad impedire perdite idriche.

2.8.5.5.2 Prova in risalita

Se richiesto e/o autorizzato dalla Direzione Lavori, le prove potranno essere eseguite con otturatore doppio in risalita, con modalità identiche a quanto descritto al precedente paragrafo.

Particolare cura dovrà essere posta nel garantire la tenuta del doppio otturatore, il cui comportamento non può essere osservato durante la prova.

2.8.5.6 Documentazione

La documentazione relativa a ciascuna prova dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * metodo e diametro di perforazione;
- * livello piezometrico della falda;
- * profondità del tratto di prova;
- * descrizione della roccia nel tratto di prova;
- * caratteristiche della attrezzatura impiegata per la prova;
- * tabulato delle letture di cantiere (tempi, portate, pressioni al manometro);
- * grafico delle portate (l/min/m) in funzione delle pressioni (corrette) in camera di iniezione (MPa), per ciascun gradino in andata e in ritorno;
- * copia del certificato di taratura del manometro o del trasduttore di pressione di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

2.8.6 Prova di permeabilità con Sistema BAT GWMS

2.8.6.1 Descrizione della prova

Il Sistema BAT permette di effettuare prove di permeabilità puntuali a diverse quote utilizzando la stessa cella piezometrica messa in opera in un foro di sondaggio durante l'avanzamento o in fori appositamente eseguiti.

2.8.6.2 Normative e specifiche di riferimento

- * VICENZETTO Procedura Tecnica 10.1 (1996) – Esecuzione di prove, misure e campionamenti con il sistema BAT GWMS.

2.8.6.3 Caratteristiche delle attrezzature

Per l'esecuzione della prova di permeabilità e dissipazione deve essere utilizzata la seguente attrezzatura:

- * Cella BATMKII
- * Tubo adattatore in acciaio zincato
- * Tubi di collegamento in acciaio zincato
- * Kit per la prova di permeabilità comprensivo di trasduttori
- * Computer portatile per l'elaborazione dei dati

2.8.6.4 Calibrazioni

All'inizio e al termine di ogni prova verranno controllati i valori di zero e verrà effettuato un controllo mediante confronto tra lettura con trasduttore e altezza della colonna d'acqua.

2.8.6.5 Modalità esecutive

Prima della prova dovranno essere eseguite le seguenti operazioni:

- esecuzione del preforo da arrestare ad una distanza di almeno 5 volte il diametro di perforazione al di sopra della quota prevista dalla prova;
- saturazione della cella BAT mediante bollitura;
- collegamento del tubo adattatore alla cella mantenendola immersa in acqua;
- inserimento della cella nel foro di sondaggio mantenuto pieno di acqua avendo cura di non perdere la saturazione (la cella va preventivamente inserita in un sacchetto di plastica riempito d'acqua);
- aggiunta al tubo adattatore dei tubi di collegamento curando la tenuta delle giunzioni (impiego di teflon) e la loro pulizia interna fino ad arrivare a fondo foro.

La prova di permeabilità dovrà essere eseguita seguendo le seguenti specifiche:

- inserimento del trasduttore di pressione all'interno dei tubi di collegamento fino a connetterlo con la cella piezometrica BAT;
 - infissione della batteria di tubi fino alla quota prevista per la prova con velocità di circa 2 cm/sec.;
 - rilevamento del valore di u_{max} alla profondità di prova e controllo della successiva dissipazione della pressione neutra;
 - terminata la dissipazione (sovrapressione 20%) si esegue l'estrazione del trasduttore e preparazione della sonda per la prova di permeabilità predisponendo la provetta con un'opportuna depressione idraulica;
- N.B.: nel caso di sovrapressione si rammenta che per evitare fenomeni di frattura idraulica nel terreno è conveniente limitare gli incrementi di pressione a valori inferiori alla tensione litostatica totale. Notevole importanza riveste l'annotazione dei valori iniziali di pressione e di volume all'interno della provetta, valori che sono essenziali per una completa interpretazione della prova;
- ricollegamento del trasduttore accoppiato alla sonda con la cella piezometrica BAT.

Dall'istante in cui ottiene la connessione tra piezometro e provetta comincia l'acquisizione dati. Si deve eseguire l'andamento nel tempo con la scala dei tempi di tipo logaritmico o con la radice quadrata del tempo, in funzione del tipo del terreno, dei valori di pressione "u".

2.8.6.6 Documentazione

La documentazione relativa a ciascuna prova dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * metodo e diametro di perforazione;
- * livello piezometrico della falda;
- * profondità della prova;
- * caratteristiche della attrezzatura impiegata per la prova;
- il diagramma della variazione di pressione nel serbatoio in funzione del tempo;
- il diagramma del volume d'acqua immesso nel piezometro in funzione del tempo;
- il valore della permeabilità misurata;
- il valore della pressione neutrale di equilibrio (valutata eventualmente ad inizio prova);

- il diagramma della variazione della pressione neutrale, in funzione del tempo, relativo alla sola fase iniziale di infissione del piezometro Mk II.

2.8.7 Prove penetrometriche e dilatometriche continue

2.8.7.1 Prova penetrometrica dinamica continua DPSH

2.8.7.1.1 Descrizione della prova

La prova penetrometrica dinamica continua consiste nell'infingere verticalmente nel terreno una punta conica metallica, avvitata all'estremità inferiore di una batteria di aste metalliche, mediante battitura con un maglio che cade liberamente da un'altezza costante; i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza prefissata vengono annotati e costituiscono la resistenza del terreno alla penetrazione della punta conica.

2.8.7.1.2 Normative e specifiche di riferimento

- * A.G.I. (1977) - Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche
- * ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988) - Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure

Secondo la terminologia ISSMFE, la prova descritta rientra nel tipo "superpesante" (DPSH = Dynamic Probing Super Heavy) in quanto il maglio pesa più di 60 kg.

La prova non è stata standardizzata dall'ASTM.

L'attrezzatura da utilizzarsi e le modalità esecutive dovranno essere conformi ad una delle due specifiche di riferimento citate, a discrezione della Direzione Lavori.

2.8.7.1.3 Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura conforme alle Raccomandazioni AGI (1977) dovrà consistere di:

- * una batteria di aste interne (diametro = 34 mm), che devono avere un peso per metro lineare pari a 4.6 kg/m (± 0.5 kg/m), alla cui estremità inferiore è avvitata una punta conica avente diametro 50.8 mm, angolo di apertura di 60° e altezza complessiva di 73 mm; l'asta alla cui estremità inferiore è avvitata la punta conica deve essere perfettamente liscia e calibrata negli ultimi 50 cm; il massimo accorciamento della punta conica per usura non dovrà essere superiore a 5 mm;
- * una batteria esterna di tubi metallici di rivestimento, del diametro ext. di 48 mm (diametro int. = 38 mm) e del peso per metro lineare di 5.3 kg/m, alla cui estremità inferiore è avvitata una scarpa sagomata a tagliente; l'intercapedine tra il diametro interno della scarpa tagliente e il diametro delle aste interne non deve superare $0.2 \div 0.3$ mm, mentre al di sopra della scarpa tale intercapedine deve aumentare rapidamente fino a 2 mm;
- * dispositivo di infissione della punta, costituito da un maglio del peso di 73 kg, che cade liberamente da un'altezza di caduta di 75 cm, e da una testa di battuta che dovrà avere un peso non superiore a 55 kg, avvitata alla sommità della batteria di aste;
- * centratore tra la testa di battuta e il piano campagna, con funzioni di guida e irrigidimento.

L'attrezzatura conforme alla Procedura di Riferimento ISSMFE (1988) dovrà consistere di:

- * una batteria di aste, del diametro di 32 ± 0.3 mm e del peso per metro lineare max. di 8 kg/m, alla cui estremità inferiore è avvitata una punta conica avente diametro 50.5 ± 0.5 mm ed angolo di apertura di 90°; l'altezza complessiva della punta conica deve essere di 126.3 mm, con una parte cilindrica al di sopra del cono di altezza pari al diametro della punta e una parte tronco-conica, al di sopra della parte cilindrica, anch'essa di altezza pari al diametro della punta;
- * dispositivo di infissione della punta, costituito da un maglio del peso di 63.5 ± 0.5 kg che cade liberamente da un'altezza di caduta di 75 ± 0.02 cm e da una testa di battuta, avvitata alla sommità della batteria di aste;

Al fine di ridurre l'attrito laterale sulle aste potrà essere consentito l'impiego di fango (possibile solo con l'utilizzo di aste cave) o del rivestimento, entrambi non previsti nella Procedura di Riferimento ISSMFE (1988).

2.8.7.1.4 Modalità esecutive

Nel caso venga utilizzata l'attrezzatura prevista dall'AGI (1977), la prova penetrometrica dinamica dovrà essere

eseguita prevedendo le seguenti fasi:

- * infissione della punta conica nel terreno per tratti consecutivi di 30 cm, misurando il numero di colpi necessari;
- * dopo un'infissione della punta per una lunghezza variabile da un minimo di 30 cm ad un massimo di 150 cm, infissione del rivestimento rilevando il numero di colpi necessari;
- * sospensione della prova quando il numero di colpi per infiggere la punta supera il valore di 100 (rifiuto alla penetrazione della punta);

Le due batterie (aste e rivestimento) devono essere reciprocamente libere per tutta la durata della prova; ciò può essere controllato ruotando frequentemente la batteria di aste. Nel caso di blocco delle due batterie, a seguito di infiltrazione di materiale nell'intercapedine, la prova dovrà essere sospesa e tale eventualità annotata nel rapporto di prova.

Se si dovesse incontrare rifiuto alla penetrazione del rivestimento (numero di colpi per l'infissione di 30 cm superiore a 100), la prova potrà essere proseguita, a patto che le aste siano in grado di ruotare liberamente all'interno del foro.

Nel caso venga utilizzata l'attrezzatura prevista dall'ISSMFE (1988), la prova penetrometrica dinamica dovrà essere eseguita prevedendo l'infissione della punta conica nel terreno per tratti consecutivi di 20 cm e misurando il numero di colpi necessari. In questo caso l'utilizzo del rivestimento non è obbligatorio, anche se vivamente consigliato, a patto che, come nel caso precedente, le aste siano in grado di ruotare liberamente all'interno del foro.

2.8.7.1.5 Preforo

Qualora la prova penetrometrica non raggiungesse la profondità richiesta dal progetto delle indagini o dalla Direzione Lavori, per rifiuto alla penetrazione della punta, la batteria penetrometrica dovrà essere estratta e si dovrà eseguire un preforo fino alla profondità raggiunta con la prova, superando l'ostacolo che ha interrotto la penetrazione. Il preforo dovrà essere eseguito con sonda a rotazione a distruzione e sarà compensato a parte con il relativo prezzo di elenco. In particolare, la stabilità delle pareti del preforo dovrà essere assicurata, a scelta dell'Appaltatore esecutrice, con un rivestimento metallico provvisorio oppure con fango di circolazione, previa approvazione da parte della Direzione Lavori. Lo schema del preforo, con precisati i relativi elementi (profondità, diametro, rivestimento, fluido, ecc.) dovrà costituire parte integrante della documentazione di prova. Una volta completato il preforo, discesa a quota la doppia batteria, la prova verrà approfondita fino alla profondità richiesta.

2.8.7.1.6 Calcoli

Per garantire l'uniformità dei risultati di prove eseguite con diverse attrezzature e modalità, dovrà essere calcolata la resistenza alla penetrazione dinamica q_d (MPa), che tiene conto delle caratteristiche dimensionali e di peso dell'attrezzatura, in accordo alla seguente espressione:

$$q_d = \frac{M}{M + M'} * \frac{M g H}{A e} \quad [\text{MPa}]$$

- dove:
- M = massa del maglio
 - M' = massa complessiva di testa di battuta, asta di guida del maglio, dispositivo di sgancio e colonna di aste
 - g = accelerazione di gravità
 - H = altezza di caduta del maglio
 - A = area della sezione trasversale della punta
 - e = penetrazione media per colpo (penetrazione di riferimento divisa per il n° di colpi)

2.8.7.1.7 Documentazione

La documentazione di prova dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore)
- * profondità della falda;
- * tipo di attrezzatura impiegata: tipo di penetrometro, dimensioni e apertura della punta conica, diametro delle aste e loro peso al metro lineare, diametro ext. e int. del rivestimento (se utilizzato), peso della guida e della testa di battuta, massa del maglio e altezza di caduta;
- * penetrazione di riferimento (20 cm o 30 cm);
- * tabella dei dati di resistenza alla punta (N_{20} o N_{30}) e al rivestimento (se utilizzato), rilevati durante la prova;
- * grafico della resistenza penetrometrica alla punta (N_{20} o N_{30}) e al rivestimento (se utilizzato) in funzione della profondità;
- * grafico della resistenza alla penetrazione dinamica q_d (MPa) in funzione della profondità;
- * schema dettagliato (profondità, diametro, rivestimento, fluido, ecc.) dell'eventuale preforo;
- * ogni annotazione utile alla corretta interpretazione della prova.

2.8.7.2 Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)

2.8.7.2.1 Descrizione della prova

La prova consiste nel misurare la resistenza alla penetrazione di una punta conica metallica, di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno tramite un dispositivo di spinta idraulico che agisce alternativamente su una batteria di aste esterna e una batteria di aste interne, alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

La misura in superficie viene eseguita mediante una cella di carico elettrica oppure un gruppo di almeno due manometri.

2.8.7.2.2 Normative e specifiche di riferimento

- * A.G.I. (1977) - Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche
- * ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988) - Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure
- * ASTM D 3441 - 16 - Standard Test Method for Deep, Quasi-Static, Cone and Friction-Cone Penetration Tests of Soil

La prova dovrà essere conforme a quanto di seguito specificato.

2.8.7.2.3 Caratteristiche delle attrezzature

2.8.7.2.3.1 Dispositivo di spinta

E' costituito da un martinetto idraulico in grado di esercitare sulla duplice batteria di aste la spinta precisata nel progetto delle indagini (10 o 20 t). La corsa deve essere pari ad 1 m. La velocità di infissione della batteria di aste sarà costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

Il dispositivo di spinta dovrà essere ancorato e/o zavorrato in forma tale da poter usufruire per intero della propria capacità di spinta totale.

2.8.7.2.3.1.1 Punta conica

E' costituita da una punta conica telescopica, che possa essere, entro certi limiti, infissa indipendentemente della batteria di aste esterne cave, con le seguenti dimensioni:

- * diametro di base del cono = 35.7 mm
- * angolo di apertura del cono = 60°

La punta permetterà la misura della resistenza alla punta q_c e della resistenza per attrito laterale f_s , in quanto dotata anche di un manicotto, con diametro di 35.7 mm e superficie laterale di 150 cm².

2.8.7.2.3.1.2 Aste

Sono costituite da aste esterne cave, del diametro esterno di 36 mm e da astine interne a sezione piena, di diametro inferiore di 0.5 ÷ 1 mm rispetto a quello interno delle aste cave.

2.8.7.2.3.2 Dispositivo di misura

Può essere costituito da due manometri, di cui uno con fondo scala massimo da 10 MPa ed uno con fondo scala superiore, collegati in modo tale che il primo sia escluso automaticamente dal circuito oleodinamico in caso di pressioni troppo elevate, oppure da una cella di carico elettrica.

La precisione di misura dovrà essere contenuta entro i seguenti limiti massimi:

- * 10% del valore misurato;
- * 2% del fondo scala.

2.8.7.2.4 Calibrazioni e controlli

Occorre verificare che all'interno delle aste cave, quando collegate tra loro, non ci siano sporgenze in corrispondenza dell'estremità filettata.

Le aste interne a sezione piena dovranno scorrere senza attriti all'interno delle aste cave.

2.8.7.2.5 Modalità esecutive

Il penetrometro statico dovrà essere posizionato perfettamente in piano in modo da garantire la verticalità della applicazione del carico.

La prova dovrà essere eseguita facendo avanzare, ad una velocità costante di 2 cm/s (± 0.5 cm/s), le aste interne fino ad esaurire l'intera corsa della punta (4 cm) e della punta + manicotto (altri 4 cm), misurando la pressione di spinta nel primo e nel secondo caso; si faranno quindi avanzare le aste cave, fino alla chiusura delle aste telescopiche (altri 12 cm), misurando ed annotando la pressione totale di spinta.

Le misure di resistenza alla punta q_c e resistenza per attrito laterale f_s saranno discontinue, con annotazione dei valori di resistenza ogni 20 cm di penetrazione.

La prova dovrà essere proseguita sino alla profondità massima specificata nel progetto delle indagini o fino al raggiungimento del limite di spinta dell'attrezzatura.

2.8.7.2.6 Documentazione

La documentazione di prova dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore)
- * profondità della falda;
- * numero della verticale di prova;
- * caratteristiche dell'attrezzatura;
- * caratteristiche della punta e numero di serie;
- * tabella di cantiere, completa dei coefficienti di trasformazione dai valori letti agli sforzi unitari prodotti, sia per la punta che per l'attrito laterale;
- * i grafici di q_c ed f_s , in funzione della profondità, nelle scale standard:
 - 1 cm = 1 m di profondità (in ordinate)
 - 1 cm = 2 MPa di resistenza alla punta q_c (in ascisse)
 - 1 cm = 50 kPa di resistenza per attrito laterale f_s (in ascisse)
- * i tabulati dei valori letti di q_c ed f_s , alle varie della profondità
- * il grafico con i valori del rapporto di attrito $R_f (f_s/q_c)$, espresso in %, in funzione della profondità;
- * copia dei certificati di taratura della strumentazione (manometri o celle di carico) non anteriori di 6 mesi alla data di prova.

2.8.7.3 Prova penetrometrica statica con punta elettrica (CPTE)

2.8.7.3.1 Descrizione della prova

La prova consiste nel misurare la resistenza alla penetrazione di una punta conica metallica, di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno tramite un dispositivo di spinta idraulico che agisce su una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

La punta è dotata di trasduttore e nelle aste cave è inserito un cavo elettrico di trasmissione dei segnali, che vengono raccolti ed elaborati in superficie da una centralina elettronica.

2.8.7.3.2 Normative e specifiche di riferimento

- * A.G.I. (1977) - Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche
 - * ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988) - Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure
 - * ASTM D 3441- 16 - Deep, Quasi-Static and Friction-Cone Penetration Tests of Soil
- La prova dovrà essere conforme a quanto di seguito specificato.

2.8.7.3.3 Caratteristiche delle attrezzature

2.8.7.3.3.1 Dispositivo di spinta

E' costituito da un martinetto idraulico in grado di esercitare sulla batteria di aste la spinta precisata nel progetto delle indagini (10 o 20 t). La corsa minima dovrà essere di 1 m e la velocità di infissione della batteria di aste dovrà essere costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno. Il dispositivo di spinta dovrà essere ancorato e/o zavorrato in forma tale da poter usufruire per intero della propria capacità di spinta totale.

L'attrezzatura, posizionata in modo da fornire una spinta nella direzione verticale, potrà ammettere una deviazione dalla verticale non superiore al 2%, controllata con apposito sensore inclinometrico.

2.8.7.3.3.1.1 Punta conica

E' costituita da una punta conica fissa, interamente solidale con il movimento della batteria di aste cave, con le seguenti dimensioni:

- * diametro di base del cono = 35.7 mm (34.8 ÷ 36.0 mm)
- * altezza della parte conica del cono = 24.0 ÷ 31.2 mm
- * altezza dell'estensione cilindrica = 2 ÷ 5 mm
- * angolo di apertura del cono = 60°

La punta permetterà la misura di:

- * resistenza alla punta q_c
- * resistenza per attrito laterale f_s

Il parametro f_s viene misurato attraverso l'attrito sviluppato da un manicotto liscio, posizionato subito sopra la punta conica, con superficie laterale di 150 cm² (147 ÷ 153 cm²) e diametro almeno uguale al diametro di base del cono e non superiore ad esso di 0.35 mm. La rugosità del manicotto di attrito nella direzione dell'asse longitudinale deve essere compresa tra 0.25 e 0.75 μ m.

La punta elettrica dovrà essere strumentata con celle di carico estensimetriche per la misura di q_c ed f_s con i seguenti fondo scala:

- * 5000 kg (corrispondenti a 50 MPa) per q_c
- * 750 kg (corrispondenti a 500 kPa) per f_s

Qualora necessario la Direzione Lavori si riserva di richiedere l'uso di punte con fondo scala diverso: 1000 ÷ 2000 kg ($q_c = 10 \div 20$ MPa) per terreni teneri o poco addensati, 7000 ÷ 10000 kg ($q_c = 70 \div 100$ MPa) per terreni molto addensati o ghiaiosi.

La punta dovrà essere dotata di sensore inclinometrico per il controllo continuo e puntuale della deviazione dalla verticale.

2.8.7.3.3.1.2 Aste

Saranno costituite da aste di spinta cave, del diametro esterno di 36 mm.

Eventuali anelli allargatori dovranno essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

2.8.7.3.3.2 Dispositivo di misura

Oltre alle celle di carico estensimetriche della punta, saranno previsti:

- * una centralina elettronica che alimenta i sensori installati sulla punta, ne riceve, amplifica e decodifica i segnali trasformandoli in unità ingegneristiche e li trasmette ad una unità di registrazione;
- * un sistema per la visualizzazione e la stampa dei grafici di cantiere;
- * generatore di impulsi (encoder) collegato meccanicamente al dispositivo di spinta, che fornisce il parametro profondità;

* sistema digitale per la registrazione dei dati, che ne permette una rielaborazione e una successiva restituzione; i dati devono essere memorizzati ogni 2 cm di penetrazione della punta.

La precisione di misura dovrà essere contenuta entro i seguenti limiti massimi:

- * 5% del valore misurato;
- * 1% del fondo scala.

2.8.7.3.4 Calibrazioni e controlli

La regolazione dei dispositivi di misura e registrazione dovrà avvenire dopo che i sensori della punta si siano equilibrati con la temperatura interna del terreno.

A fine prova (ad estrazione avvenuta), si dovrà controllare l'eventuale deriva dello zero iniziale.

2.8.7.3.5 Modalità esecutive

Il penetrometro statico dovrà essere posizionato perfettamente in piano in modo da garantire la verticalità della applicazione del carico.

La velocità di penetrazione della punta dovrà essere di 2 cm/s (± 0.5 cm/s), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

La prova sarà quindi eseguita fino alla profondità massima prevista dal progetto delle indagini o interrotta per rifiuto in uno dei seguenti casi:

- * raggiungimento del fondo scala per uno dei sensori relativi a resistenza q_c e f_s ;
- * raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- * deviazione della punta dalla verticale di 10° , se repentina, o di 15° se progressiva.

2.8.7.3.6 Documentazione

La documentazione preliminare dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore)
- * profondità della falda;
- * numero della verticale di prova;
- * caratteristiche dell'attrezzatura;
- * caratteristiche della punta e numero di serie;
- * fotocopia dei grafici di cantiere, con indicazione delle scale;
- * i grafici di q_c , f_s e i (deviazione dalla verticale) in funzione della profondità corretta in base ai dati inclinometrici, nelle scale standard:
 - 1 cm = 1 m di profondità (asse verticale)
 - 1 cm = 2 MPa di resistenza alla punta q_c (asse orizzontale)
 - 1 cm = 50 kPa di resistenza per attrito laterale f_s (asse orizzontale)
- * i tabulati dei valori registrati di q_c , f_s , e i alle varie della profondità
- * il grafico con i valori del rapporto di attrito R_f (f_s/q_c), espresso in %, in funzione della profondità;
- * copia del certificato di taratura della punta utilizzata per la prova non anteriore di più di 6 mesi alla data della prova.

2.8.7.4 Prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU)

2.8.7.4.1 Descrizione della prova

La prova, eseguita con una attrezzatura per prove penetrometriche statiche nella quale la punta elettrica è dotata di un filtro poroso, consente di misurare in maniera continua, oltre alla resistenza alla penetrazione alla punta q_c e alla resistenza per attrito laterale f_s , anche la pressione dell'acqua nei pori presente nel terreno durante la penetrazione.

La pressione dei pori misurata è la somma della pressione idrostatica preesistente e della sovrappressione (positiva o negativa) indotta dalla penetrazione della punta.

A quote prefissate è possibile arrestare la penetrazione della punta ed eseguire una prova di dissipazione nel tempo di tale sovrappressione, per determinare il valore della pressione idrostatica.

La prova CPTU può essere eseguita solo in terreni saturi, al disotto del livello della falda.

2.8.7.4.2 Normative e specifiche di riferimento

* ASTM D 5778 - 20 - Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils

* ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988) - Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure

La prova dovrà essere conforme a quanto di seguito specificato.

2.8.7.4.3 Caratteristiche delle attrezzature

2.8.7.4.3.1 Dispositivo di spinta

E' costituito da un martinetto idraulico in grado di esercitare sulla duplice batteria di aste la spinta precisata nel progetto delle indagini (10 o 20 t). La corsa minima dovrà essere di almeno 1 m e la velocità di infissione della batteria di aste dovrà essere costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

Il dispositivo di spinta dovrà essere ancorato e/o zavorrato in forma tale da poter usufruire per intero della propria capacità di spinta totale.

L'attrezzatura, posizionata in modo da fornire una spinta nella direzione verticale, potrà ammettere una deviazione dalla verticale non superiore al 2%, controllata con apposito sensore inclinometrico.

2.8.7.4.3.1.1 Punta conica

E' costituita da una punta conica fissa, interamente solidale con il movimento della batteria di aste cave, con le seguenti dimensioni:

* diametro di base del cono = 35.7 mm (34.8 ÷ 36.0 mm)

* altezza della parte conica del cono = 24.0 ÷ 31.2 mm

* altezza dell'estensione cilindrica = 2 ÷ 5 mm

* angolo di apertura del cono = 60°

La punta permetterà la misura di:

* resistenza alla punta q_T (resistenza alla punta q_c corretta in funzione della pressione interstiziale U);

* resistenza per attrito laterale f_T (resistenza per attrito laterale f_s corretta in funzione della pressione interstiziale U);

* pressione interstiziale U (somma della pressione idrostatica U_0 e della sovrappressione indotta ΔU).

La resistenza per attrito laterale viene misurata attraverso l'attrito sviluppato da un manicotto liscio, posizionato subito sopra la punta conica, con superficie laterale di 150 cm² (147 ÷ 153 cm²) e diametro almeno uguale al diametro di base del cono e non superiore ad esso di 0.35 mm. La rugosità del manicotto di attrito nella direzione dell'asse longitudinale deve essere compresa tra 0.25 e 0.75 μ m.

La punta dovrà essere munita di un filtro poroso intercambiabile, posto preferibilmente alla base del cono, che permetterà la misura della pressione interstiziale U.

La punta, che dovrà essere elettrica, dovrà essere strumentata con celle di carico estensimetriche per la misura di q_c ed f_s con i seguenti fondo scala:

* 5000 kg (corrispondenti a 50 MPa) per q_c

* 750 kg (corrispondenti a 500 kPa) per f_s

Qualora necessario la Direzione Lavori si riserva di richiedere l'uso di punte con fondo scala diverso: 1000 ÷ 2000 kg ($q_c = 10 \div 20$ MPa) per terreni teneri o poco addensati, 7000 ÷ 10000 kg ($q_c = 70 \div 100$ MPa) per terreni molto addensati o ghiaiosi.

La punta dovrà essere dotata di sensore inclinometrico per il controllo continuo e puntuale della deviazione dalla verticale.

2.8.7.4.3.1.2 Aste

Saranno costituite da aste di spinta cave, del diametro esterno di 36 mm.

Eventuali anelli allargatori dovranno essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

La dotazione dovrà includere anche una batteria di aste normali corta (6 ÷ 8 m) ed una puntazza conica del diametro di 50 mm, per eseguire eventuali prefori per raggiungere la falda.

2.8.7.4.3.2 *Dispositivo di misura*

Oltre alle celle di carico estensimetriche della punta, saranno previsti:

- * una centralina elettronica che alimenta i sensori installati sulla punta, ne riceve, amplifica e decodifica i segnali trasformandoli in unità ingegneristiche e li trasmette ad una unità di registrazione;
- * un sistema per la visualizzazione e la stampa dei grafici di cantiere;
- * generatore di impulsi (encoder) collegato meccanicamente al dispositivo di spinta, che fornisce il parametro profondità;
- * sistema digitale per la registrazione dei dati, che ne permette una rielaborazione e una successiva restituzione; i dati devono essere memorizzati ogni 2 cm di penetrazione della punta.
- * registratore grafico o stampante su carta per la registrazione della variazione della pressione interstiziale nel tempo nel corso delle prove di dissipazione; la scelta della sequenza temporale di misura o la velocità di scorrimento della carta devono poter essere adattabili alle più disparate velocità di dissipazione;
- * visore per la lettura istantanea delle grandezze misurate, in forma digitale.

La precisione di misura dovrà essere contenuta entro i seguenti limiti massimi:

- * 5% del valore misurato;
- * 1% del fondo scala.

2.8.7.4.4 Calibrazioni e controlli

Oltre ai sistematici controlli circa lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave (le aste, specie le 5 più vicine alla punta, devono essere rettilinee), le guarnizioni tra i diversi elementi di un piezocono dovranno essere ispezionate con regolarità per accertarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno.

2.8.7.4.4.1 *Operazioni preliminari*

2.8.7.4.4.1.1 Disaerazione del filtro poroso e del cono

Filtro poroso e cono dovranno essere perfettamente disaerati con l'uso delle sottoelencate metodologie:

- * disaerazione per bollitura, con immersione di filtro e cono per un periodo di tempo sufficiente, in funzione del tipo di filtro;
- * immersione in acqua distillata in una cella di disaerazione sottovuoto per circa 3 ore;
- * immersione del filtro poroso in glicerina calda in un contenitore sottovuoto ad ultrasuoni, combinando gli effetti del pompaggio sottovuoto e della vibrazione ad ultrasuoni; il cono invece potrà essere disaerato tramite iniezione di glicerina con siringa ipodermica.

Altre attrezzature, tipi di fluido e tecniche potranno essere proposti dall'Appaltatore, subordinandone l'utilizzo a preventiva autorizzazione da parte della Direzione Lavori.

2.8.7.4.4.1.2 Montaggio del piezocono

Terminata la disaerazione del filtro poroso e del cono, una volta assemblati tra loro in ambiente saturo, questi saranno inseriti in un guanto di gomma pieno di acqua disaerata, operando rigorosamente in immersione; il guanto di gomma non sarà rimosso all'inizio della prova, in quanto sarà l'attrito con il terreno a provvedere alla sua rottura ed asportazione.

2.8.7.4.4.1.3 Preforo

L'intervallo di profondità compreso tra il piano campagna e la superficie freatica dovrà essere perforato con puntazza od eventuale sonda a rotazione, inserendo se necessario nel foro un tubo in PVC (o simili) del diametro interno ≥ 50 mm.

2.8.7.4.4.1.4 Stabilizzazione termica

Prima di iniziare la prova, la punta dovrà essere inserita nel preforo, in acqua di falda, e lasciata ferma per 10' per ottenere la stabilizzazione termica, ripetendo alla fine dei 10' gli azzeramenti dei dispositivi di misura e registrazione.

Al termine della prova dovranno essere misurate e registrate eventuali derive di zero dei dispositivi; tali

annotazioni finali dovranno far parte integrante della documentazione provvisoria e definitiva della prova.

2.8.7.4.5 Modalità esecutive

2.8.7.4.5.1 Prova penetrometrica

Il penetrometro statico dovrà essere posizionato perfettamente in piano in modo da garantire la verticalità della applicazione del carico.

La prova si inizierà alla base del tratto preforato, inserendo nel terreno il piezocono protetto da guanto di gomma.

La velocità di penetrazione della punta dovrà essere di 2 cm/s (± 0.5 cm/s), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

La prova sarà quindi eseguita fino alla profondità massima prevista dal progetto delle indagini o interrotta per rifiuto in uno dei seguenti casi:

- * raggiungimento del fondo scala per uno dei sensori relativi a resistenza q_c e f_s o pressione interstiziale;
- * raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- * deviazione della punta dalla verticale di 10° , se repentina, o di 15° se progressiva.

Nel caso di rifiuto potrà essere richiesta la ripresa della prova dopo preforo a quota maggiore di 1 m rispetto a quella della interruzione della prova.

2.8.7.4.5.2 Prova di dissipazione

Se si arresta la penetrazione del piezocono nel terreno, la pressione dei pori in eccesso dovuta alla penetrazione inizia a dissiparsi per ricostituire l'equilibrio. La velocità di dissipazione dipende dal coefficiente di consolidazione che, a sua volta, è funzione della compressibilità e della permeabilità del terreno.

Le prove di dissipazione dovranno essere eseguite alle quote indicate dal progetto delle indagini o dalla Direzioni Lavori, operando come di seguito specificato:

- * arresto della penetrazione della punta;
- * eventuale sollevamento della testa di spinta in modo che la batteria agisca solo per il proprio peso;
- * eventuale bloccaggio della batteria mediante freno o morsa in modo che anche il peso delle batterie non agisca sulla punta;
- * scatto contemporaneo dei contasecondi e inizio della registrazione della variazione di pressione interstiziale;
- * lettura al visore digitale dell'andamento della pressione interstiziale ai tempi di 0.1 - 0.25 - 0.5 - 1 - 2 - 4 - 8 - 15 - 30 minuti primi; la lettura sarà registrata manualmente su un grafico con i tempi in scala logaritmica.

La prova sarà considerata conclusa una volta dissipato almeno il 60% della sovrappressione indotta dalla penetrazione della punta.

2.8.7.5 Documentazione

La documentazione preliminare dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore)
- * profondità della falda;
- * numero della verticale di prova;
- * caratteristiche dell'attrezzatura;
- * caratteristiche del piezocono e numero di serie;
- * fotocopia dei grafici di cantiere, con indicazione delle scale;
- * i grafici di q_T , f_T , U e i (deviazione dalla verticale), in funzione della profondità corretta in base ai dati inclinometrici e alle eventuali derive, nelle scale standard:
 - 1 cm = 1 m di profondità (asse verticale)
 - 1 cm = 2 MPa di resistenza alla punta corretta q_T (asse orizzontale)
 - 1 cm = 50 kPa di resistenza per attrito laterale corretta f_T (asse orizzontale)
- * i tabulati dei valori letti di q_c , f_s , u ed i alle varie della profondità;

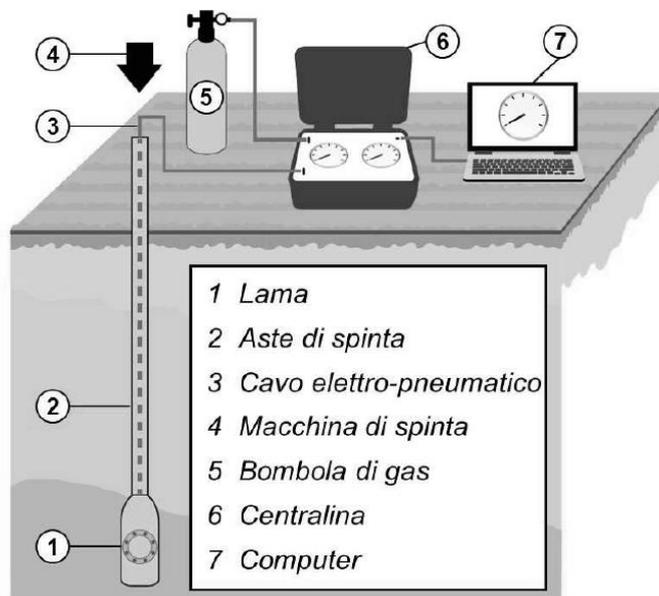
- * il grafico con i valori del rapporto di attrito R_f (fT/qT), espresso in %, in funzione della profondità;
- * grafici relativi alle prove di dissipazione, con in ascissa i tempi in scala logaritmica;
- * i tabulati dei valori registrati durante la dissipazione;
- * copia del certificato di taratura del piezocono utilizzato per la prova non anteriore di più di 6 mesi alla data della prova.

2.8.8 Prova con dilatometro piatto tipo Marchetti (DMT)

2.8.8.1 Descrizione della prova

La prova consiste nell'infingere verticalmente nel terreno, mediante spinta di tipo statico, una lama d'acciaio di dimensioni e caratteristiche note e nel far espandere con del gas in pressione una membrana circolare situata su di un lato della lama misurando le pressioni corrispondenti a due livelli di deformazione prestabiliti della membrana.

2.8.8.2 Caratteristiche delle attrezzature



2.8.8.2.1 Dispositivo di spinta e aste

Il dispositivo di spinta può essere costituito da un penetrometro statico da 10 ÷ 20 t di spinta effettiva oppure da una attrezzatura di sondaggio.

Le aste collegano la lama del dilatometro al dispositivo di spinta e contengono al loro interno il cavo elettropneumatico che connette la centralina di misura alla lama.

Quando per l'infissione si utilizza il penetrometro statico le aste, del diametro esterno di 36 mm, sono le stesse usate per le prove CPT.

Nel caso in cui il dispositivo di spinta è costituito da una sonda a rotazione, ma solo se si opera in un preforo o in un foro di sondaggio, i primi metri delle aste di prova (quelli collegati alla lama e infissi nel terreno) dovranno essere del diametro esterno di 36 mm, mentre le aste rimanenti (all'interno del preforo) potranno avere diametro superiore. Il cavo elettrico di collegamento dello strumento con la superficie potrà uscire in corrispondenza del raccordo tra aste \varnothing_{est} 36 mm e quelle di perforazione di diametro superiore, tramite apposito giunto spaccato longitudinalmente, per essere fissato all'esterno delle aste con del nastro adesivo.

2.8.8.2.2 Attrezzatura originale Marchetti

E' costituita da:

- * dilatometro tipo Marchetti, con lama di larghezza pari a 95 mm, lunghezza circa 200 mm e spessore 14 mm, dotata su un lato di una membrana di acciaio dello spessore da 0.2 mm, espandibile per 1 mm al centro;

- * centralina di misura tipo Marchetti;
- * cavo elettropneumatico di collegamento del dilatometro con la centralina.

L'attrezzatura dilatometrica dovrà essere del tipo originale, coperta da brevetto, del tipo Marchetti, senza modifiche da parte dell'Appaltatore.

2.8.8.3 Calibrazioni e controlli

La lama di prova dovrà essere diritta, senza concavità o convessità > 0.5 mm rispetto al piano di riferimento. Il collegamento della lama alle aste dovrà essere tale da contenere la deviazione dell'asse entro 0.2 mm. Il tagliente dovrà essere diritto e appuntito.

La membrana dovrà essere liscia e regolare; il metallo che la costituisce non deve essere snervato. Una volta collegata la lama ai tubi di adduzione del gas, alla centralina ed alle bombole, non si dovranno rilevare nel circuito perdite di pressione > 100 kPa/min.

L'entità della deformazione della membrana in corrispondenza dei punti di misura A e B dovrà essere misurata tramite il dispositivo di taratura. I segnali audiovisivi relativi ai punti A e B dovranno cessare a deformazioni di 0.05 e 1.1 mm rispettivamente. Se la membrana non soddisfa questo requisito dovrà essere sostituita. La calibrazione della membrana dovrà essere eseguita di nuovo al termine di ogni prova.

Le membrane nuove dovranno essere soggette a 20 cicli di carico e scarico con pressioni comprese entro i limiti indicati dal costruttore prima di essere impiegate in prove reali.

2.8.8.4 Modalità esecutive

La prova dovrà essere eseguita da personale in possesso del patentino di abilitazione rilasciato dal costruttore. Il dilatometro sarà spinto verticalmente nel terreno arrestando la penetrazione ad intervalli di 20 cm per l'esecuzione delle misure.

Durante l'infissione il segnale audiovisivo sarà sempre attivato, ad indicare che il terreno preme contro la membrana mantenendola in contatto con il suo supporto; la valvola di sfiato dovrà essere aperta.

La velocità di infissione in sabbie potrà variare tra 10 e 100 mm/s e in terreni coesivi tra 10 e 30 mm/s.

Raggiunta la quota di prova ed arrestata l'infissione si scaricano da ogni pressione le aste entro 15 secondi, si chiude la valvola di sfiato e si invia gas alla membrana misurando, tramite la centralina elettropneumatica di superficie:

* la pressione alla quale la membrana inizia ad espandersi contro il terreno, da rilevarsi entro 20 secondi dalla immissione del gas: la pressione manometrica alla quale si disattiva il segnale audiovisivo corrisponde al valore "A";

* la pressione necessaria per espandere il centro della membrana di un valore prefissato, da rilevarsi entro 30 secondi dalla lettura A: la pressione manometrica alla quale il segnale audiovisivo si riattiva corrisponde al valore "B".

Si chiude quindi la valvola di mandata e si apre quella di sfiato, scaricando il circuito.

In presenza di ghiaie o terreni cementati oppure quando lo sforzo di spinta supera valori considerati di sicurezza, la prova deve essere interrotta e si deve procedere, con apposita attrezzatura a rotazione, all'esecuzione di un preforo del diametro nominale di almeno 100 mm. Si riprende quindi l'infissione del dilatometro dal fondo del preforo.

2.8.8.5 Documentazione

La documentazione dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * numero della verticale di prova;
- * profondità della falda;
- * tabella con le letture di cantiere;
- * elaborazione delle letture, in conformità ai criteri del costruttore, e rappresentazione dei risultati in termini di: indice di materiale ID, modulo dilatometrico ED, indice delle tensioni laterali KD;
- * certificato di taratura della centralina di misura non anteriore di più di 6 mesi alla data della prova.

2.9 Indagini geotermiche

2.9.1 Rilievo della temperatura della falda

2.9.1.1 Rilievi manuali

Il rilievo manuale della temperatura della falda viene eseguito all'interno di piezometri a tubo aperto di vario diametro appositamente realizzati per il controllo della falda. Il requisito fondamentale per la misura è che il diametro della tubazione consenta il passaggio agevole della strumentazione per raggiungere l'acqua di falda presente nella tubazione.

2.9.1.1.1 Attrezzature e strumentazione

L'attrezzatura di prova per l'esecuzione delle misure è composta da un sondino freaticometrico di idoneo materiale e lunghezza accoppiato in testa ad un termometro digitale. Nel complesso la strumentazione dovrà possiede le seguenti caratteristiche tecniche minime:

- * Range misura Temperatura: da -10°C a $+50^{\circ}\text{C}$;
- * Accuratezza misura Temperatura: $\pm 0,10^{\circ}\text{C}$;
- * Risoluzione misura Temperatura: $0,01^{\circ}\text{C}$;
- * Minimo tempo di stabilizzazione della Temperatura: 15 secondi per $^{\circ}\text{C}$;
- * Pressione massima di immersione sonda: Sommergibile fino a 300 m;
- * Temperatura operativa di funzionamento: -20°C to $+60^{\circ}\text{C}$;
- * Materiale nastro: PVDF;
- * Marcatura nastro lettura: metrica, ogni mm;
- * Lunghezza minima nastro lettura: 30 m;
- * Peso minimo sonda: 50 g;
- * Diametro sonda: 5-20 mm o comunque tale da consentire un passaggio agevole in ogni tipo di piezometro;
- * Lunghezza sonda di misura: 50-200 mm;
- * Alimentazione: batterie;
- * Visualizzazione misura temperatura: display integrato;
- * Visualizzazione misura livello di falda: cicalino sonoro e led visivo.



2.9.1.1.2 Calibrazioni e controlli

Il nastro di misura deve essere in materiale estremamente durevole (PVDF) e non estensibile con le variazioni di temperatura, resistente ad eventuali contaminazioni chimiche presenti nell'acqua, resistente ai raggi UV e

caratterizzato da profilo cilindrico, a "Osso di Cane" o comunque con profilo che consenta una massima la scorrevolezza e che impedisca il più possibile l'aderenza alle superfici umide. Il nastro dovrà possedere marcature laser ogni millimetro, secondo gli standard della normativa NIST e EU.

La sonda termometrica dovrà essere accompagnata da un certificato di calibrazione e taratura fornito dal produttore che ne attesti in particolare l'accuratezza nella misura pari a +/- 0.10°C. In assenza di tale documentazione da parte del produttore sarà onere dell'Appaltatore provvedere alla produzione di tale certificazione rivolgendosi ad un laboratorio di taratura accreditato. La taratura della sonda di temperatura dovrà essere ripetuta ogni anno o comunque secondo la frequenza indicata dal produttore o dall'Ente che ha rilasciato la certificazione medesima.

2.9.1.1.3 Modalità esecutive

La prova di rilievo della temperatura della falda dovrà essere condotta secondo le seguenti fasi:

- * Misura delle caratteristiche geometriche del tubo piezometrico;
- * Verifica del livello del livello della falda all'interno del piezometro di misura;
- * Verifica della profondità complessiva del tubo piezometrico;
- * Definizione dei punti di misura della temperatura nella porzione satura della tubazione;
- * Esecuzione delle misure della temperatura.

Nella prima fase il personale incaricato delle misure dovrà annotare la misura del diametro della tubazione piezometrica, l'eventuale differenza in altezza tra la bocca foro ed il piano campagna ed ogni altra caratteristica peculiare utile per una rapida identificazione del piezometro. Tutte le successive misure dovranno quindi essere riferite al piano campagna. Successivamente si procederà con l'esecuzione della verifica del livello della falda abilitando il cicalino sulla strumentazione di misura. Una volta raggiunto il livello di falda, identificato dall'avviso sono continuo del cicalino si procederà alla disattivazione di quest'ultimo e si verificherà la profondità complessiva della tubazione piezometrica portando la sonda di misura sul fondo della tubazione. Nel caso in cui nel piezometro non venga riscontrata la presenza di acqua l'operazione di misura si concluderà annotando l'impossibilità di esecuzione della misura a causa dell'assenza di acqua all'interno del piezometro. La misura del livello dell'acqua unitamente alla misura della lunghezza complessiva della tubazione saranno necessari a definire i punti di misura della temperatura dell'acqua di falda secondo il seguente criterio:

- * Nel caso in cui il battente dell'acqua di falda nel piezometro risulti maggiore di 7,0 m saranno eseguite almeno 3 misure della temperatura a differenti profondità e rispettivamente a circa 1,0 m di profondità dal pelo libero dell'acqua, circa 1,0 m al di sopra del fondo del foro, e circa in metà tra i precedenti due punti, ovvero nel punto mediano della porzione satura della tubazione.
- * Nel caso in cui il battente dell'acqua risulti compreso tra 7,0 e 3,0 m saranno eseguite due misure di temperatura a circa 1,0 m di profondità dal pelo libero dell'acqua e a circa 1,0 m al di sopra del fondo del foro
- * Nel caso in cui il battente dell'acqua nel piezometro risulti inferiore a 3,0 sarà invece eseguita una singola misura della temperatura dell'acqua di falda circa in mezz'ora della porzione satura della tubazione.

La Direzione Lavori avrà comunque la facoltà di modificare lo schema di misura precedente.

Per ogni misura della temperatura l'operatore dovrà attendere il riequilibrio termico della sonda mantenendo la sonda alla profondità di misura per un tempo non inferiore ad un minuto e comunque verificando sul display dello strumento l'assenza di variazioni di temperatura.

2.9.1.1.4 Documentazione

La documentazione da fornire alla Direzione Lavori dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * temperatura dell'aria desunta da dati meteorologici disponibili o da misura diretta con termometri analogici o digitali aventi una accuratezza minima nella misura pari almeno a +/- 1,0°C;
- * numero/codice del piezometro misurato;
- * caratteristiche del piezometro misurato (diametro, profondità, differenza tra piano campagna e bocca foro ed ogni altra caratteristica ritenuta utile);
- * profondità rilevata della falda;
- * tabella con le misure di temperatura eseguite e relativa profondità rispetto al livello della falda rilevata al punto precedente;
- * certificato di taratura del sensore di temperatura non anteriore di più di 6 mesi alla data della prova.

2.9.1.2 Rilievi automatici

Il rilievo automatico della temperatura della falda viene eseguito all'interno di piezometri a tubo aperto di vario diametro appositamente realizzati per il controllo della falda. Il rilievo automatico consente il controllo continuo delle variazioni della temperatura rispetto alla misura manuale che invece per sua natura risulta discreta. Il requisito fondamentale per la misura è che il diametro della tubazione consenta il passaggio e l'installazione agevole di tutta strumentazione per raggiungere l'acqua di falda presente nella tubazione e per immagazzinare i dati misurati (datalogger).

2.9.1.2.1 Attrezzature e strumentazione

Le attrezzature per l'esecuzione della prova, ovvero le attrezzature che dovranno essere fornite ed installate all'interno dei piezometri dovranno avere le seguenti caratteristiche tecniche minime:

- * Tipologia di sensore di sensore: digitale;
- * Range misura Temperatura: da -10°C a +50°C;
- * Accuratezza misura Temperatura: +/- 0,10°C;
- * Risoluzione misura Temperatura: 0,01°C;
- * Temperatura operativa di funzionamento: -20°C to +60°C;
- * Diametro sensore: 5-20 mm o comunque tale da consentire un passaggio agevole in ogni tipo di piezometro;
- * Lunghezza sensore: 10-200 mm;
- * Collegamenti: via cavo (tra differenti sensori e datalogger);
- * Proprietà cavi di collegamento: Poliuretano, resistente a trazione fino a 30 kg, connettori IP67;
- * Tipologia e caratteristiche datalogger: digitale con capacità di connessione per almeno 24 sensori di temperatura, memoria non volatile di almeno 2048 kB (almeno 500.000 valori di misura), alimentazione a batteria integrata, connessione radio wireless protetta da PWD per lo scaricamento in locale dei dati;
- * Tipologia dei dati scaricabili: ASCII e csv/xlsx;
- * Grado di protezione dei sensori, del datalogger e dei collegamenti: IP67.

Il datalogger e i sensori di misura dovranno essere equipaggiati con un adeguato sistema di sospensione a bocca foro che consenta uno stabile ancoraggio di tutti i singoli componenti della strumentazione ed il corretto posizionamento del datalogger per lo scaricamento delle misure.

La Direzione Lavori potrà altresì richiedere l'utilizzo di un datalogger che integri anche la possibilità dell'invio ad intervalli prestabili dei dati acquisiti in rete attraverso rete LTE, 4G o 5G.

2.9.1.2.2 Calibrazioni e controlli

Tutte le sonde termometriche installate dovranno essere accompagnate da un certificato di calibrazione e taratura fornito dal produttore che ne attesti in particolare l'accuratezza nella misura pari a +/- 0,10°C. In assenza di tale documentazione da parte del produttore sarà onere dell'Appaltatore provvedere alla produzione di tale certificazione rivolgendosi ad un laboratorio di taratura accreditato. La taratura della sonda di temperatura dovrà essere ripetuta ogni anno o comunque secondo la frequenza indicata dal produttore o dall'Ente che ha rilasciato la certificazione medesima.

A seguito dell'installazione in foro e dopo il riequilibrio termico del sensore (un'ora dal momento del calaggio all'interno del piezometro) dovranno essere eseguiti un controllo dell'accuratezza e della precisione dei sensori mediante confronto con una misura eseguita con freatometro manuale tarato alla medesima profondità. Qualora la temperatura misurata dal sensore digitale in foro differisca di +/- 0,20°C rispetto alla misura di temperatura effettuata con freatometro manuale tarato, si dovrà procedere al controllo, alla eventuale ricalibrazione del sensore o alla eventuale sostituzione di quest'ultimo dandone comunicazione alla Direzione Lavori.

Successivamente all'installazione sarà necessario controllare il corretto funzionamento del sistema di comunicazione wireless per lo scaricamento dei dati acquisiti dal datalogger in locale. Qualora si riscontrino difficoltà nella comunicazione con il datalogger se ne dovrà dare pronta comunicazione alla Direzione Lavori la quale potrà richiedere la sostituzione della strumentazione.

2.9.1.2.3 Modalità esecutive

La Direzione Lavori indicherà all'appaltatore i piezometri e le profondità specifiche alle quali sarà necessario eseguire la misura in continuo della temperatura dell'acqua di falda. L'appaltatore provvederà a fornire la catena termometrica preassemblata o da assemblare in cantiere secondo le specifiche tecniche indicate al precedente capitolo e a calarla nel piezometro, avendo cura sia di non danneggiare l'attrezzatura e sia di assicurare un corretto posizionamento di quanto necessario per la sospensione della strumentazione alla bocca del piezometro. A seguito dell'installazione dovrà essere verificato il corretto funzionamento della strumentazione, del datalogger e del sistema di scaricamento dei dati. A tal fine sarà cura dell'Appaltatore scaricare e fornire i dati acquisiti nel corso della prima settimana dal momento dell'installazione alla Direzione Lavori a comprova del corretto funzionamento del sistema installato. Qualora i dati forniti evidenzino particolari anomalie, la Direzione Lavori potrà richiedere il controllo della strumentazione e/o la sua eventuale sostituzione.

2.9.1.2.4 Documentazione

La documentazione da fornire alla stazione appaltante dovrà comprendere:

- * Relazione di installazione comprensiva delle informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore), della descrizione del sistema di monitoraggio, delle caratteristiche dei sensori e delle operazioni effettuate per l'avvio del sistema;
- * Codici e password di accesso a ciascun datalogger per lo scaricamento delle misure;
- * Eventuale strumentazione hardware (token WSN, antenne, ecc.) e software aggiuntiva necessaria per lo scaricamento e la gestione dei dati misurati.
- * Dati acquisiti in forma tabellare nel corso della prima settimana di funzionamento del sistema;
- * Certificati di taratura dei sensori di temperatura non anteriore di più di 6 mesi alla data della prova.

2.9.2 Test di Risposta Termica (TRT) – Ground Response Test (GRT)

2.9.2.1 Normative e specifiche di riferimento

* UNI EN ISO 17628:2015 - Geotechnical investigation and testing — Geothermal testing — Determination of thermal conductivity of soil and rock using a borehole heat exchanger (Indagini e prove geotecniche - Prove geotermiche - Determinazione della conducibilità termica del suolo e della roccia per mezzo di una sonda geotermica);

* VDI 4640 Blatt 1 - Thermal use of the underground - Fundamentals, approvals, environmental aspects;

* VDI 4640 Blatt 2 - Thermal use of the underground - Ground source heat pump systems.

In relazione alle prove D-TRT in mancanza di normative specifiche si può fare riferimento alle seguenti pubblicazioni:

* Acuña, J., & Palm, B. (2013). Distributed thermal response tests on pipe-in-pipe borehole heat exchangers. *Applied Energy*, 109, 312-320.

* Blasi, A., & Menichetti, M. (2012). Conducibilità termica distribuita da un test di risposta termica (TRT) su una sonda geotermica. *Acque Sotterranee* 2012.

* Fujii, H., H. Okubo, and R. Itoi. (2006). Thermal response tests using optical fiber thermometers. *Transactions-Geothermal Resources Council* 30: 545-551

* McDaniel, A., Tinjum, J., Hart, D. J., Lin, Y. F., Stumpf, A., & Thomas, L. (2018). Distributed thermal response test to analyze thermal properties in heterogeneous lithology. *Geothermics*, 76, 116-124.

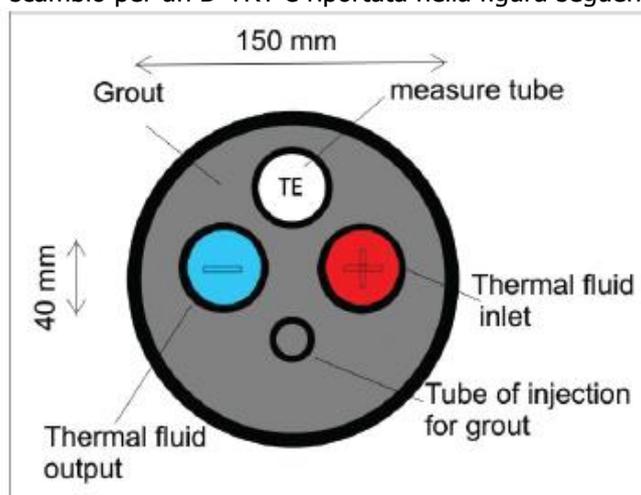
* Rolando, D., Acuña, J., & Fossa, M. (2017). Heat extraction distributed thermal response test: a methodological approach and in-situ experiment. *Proceedings of the IGSHPA Technical/Research Conference and Expo Denver March 14-16, 2017.*

2.9.2.2 Descrizione della prova

Il test di risposta termica locale del terreno (TRT o GRT) consiste nella misura dell'evoluzione della temperatura di uno scambiatore di calore, ovvero una sonda geotermica a circuito chiuso, in relazione ad un carico termico noto. Nella Figura 1a è riportato un generico schema di esecuzione della prova nel quale si possono individuare i due elementi principali che sono necessari per condurre la prova ovvero il circuito di scambio con il terreno (GHE) e l'apparato per riscaldare e pompare il fluido termovettore all'interno del circuito di scambio, unitamente al sistema di registrazione dei dati. Quest'ultimo in particolare consente di misurare in continuo la portata del fluido e registrare i valori di temperatura in ingresso e uscita dal sistema ad intervalli prefissati. A partire da questi dati è così possibile misurare la temperatura del terreno e la sua variazione nel tempo ed ottenere, al raggiungimento di una condizione di flusso termico stazionario, il valore di conducibilità termica (λ) oltre alla resistenza termica offerta dalla sonda geotermica (R_b).

2.9.2.3 Test di Risposta Termica distribuita (D-TRT)

Una particolare configurazione del precedente test prende il nome di Test di Risposta Termica Distribuita (D-TRT) che prevede l'accoppiamento della sonda geotermica con una specifica tubazione di misura (TE) entro cui viene calata una catena di termistori per la misura della temperatura a differenti profondità nel terreno, oltre alla misura della temperatura all'ingresso e all'uscita del circuito scambiatore. Uno schema generale di installazione della sonda di scambio per un D-TRT è riportata nella figura seguente.



Nella tubazione di misura viene quindi calata una catena di termometri o termistori in grado di misurare in continuo la temperatura nel corso della prova. A partire dall'analisi della variazione di temperatura nel tempo misurata alle varie profondità sia durante che dopo l'interruzione della prova è possibile quindi determinare la conducibilità termica del terreno a differenti profondità in funzione della stratigrafia presente in situ.

2.9.2.4 Perforazione

La perforazione per l'installazione della sonda a circuito chiuso potrà essere condotta sia a carotaggio continuo che a distruzione di nucleo secondo le indicazioni di volta in volta fornite dalla Direzione Lavori. Per tutte le specifiche tecniche riguardanti i sondaggi a carotaggio continuo e le perforazioni a distruzione di nucleo si rimanda agli specifici capitoli del presente documento. In questa sede si rimarca soltanto che le operazioni di scavo o perforazione del terreno dovranno essere eseguite dall'Appaltatore con metodi funzionali alla corretta successiva cementazione della sonda ed in modo da evitare l'inquinamento del sottosuolo e delle acque, adottando altresì specifici accorgimenti e procedure atti ad evitare dispersioni di liquidi inquinanti o dannosi sul suolo o nel sottosuolo. Dovranno altresì essere adottate specifiche precauzioni tecniche per evitare il contatto idraulico tra falde differenti ed il loro rimescolamento. Il diametro di perforazione dovrà essere tale da consentire un'agevole discesa delle tubazioni di circolazione e di iniezione dei prodotti cementanti nonché la risalita degli stessi senza rischi di ostruzione o intasamento.

2.9.2.5 Installazione sonda geotermica verticale

La sonda geotermica verticale da impiegare per l'esecuzione del test TRT o D-TRT dovrà essere costituita da una singola sonda a circuito chiuso ad U. I materiali impiegati dovranno possedere caratteristiche adeguate a quanto previsto dalle norme tecniche UNI, in quanto applicabili, e non dovranno in alcun caso alterare le caratteristiche chimico-fisiche dei terreni e degli acquiferi interessati, né causare fenomeni di inquinamento. Sulle tubazioni utilizzate dovranno essere impressi i seguenti dati: costruttore, tipo di tubazione, diametro, materiale, progressive metriche certificate dal fornitore e dall'installatore e, nel caso di materiale plastico, la data di fabbricazione. Le sonde in materiale plastico avranno il terminale al piede preferibilmente saldato in fabbrica; sia il raccordo sia la saldatura dovranno possedere un comportamento meccanico almeno pari a quello della tubazione che costituisce la sonda geotermica. La zavorra per il calaggio della tubazione nel foro sarà costituita da materiali inerte nei confronti delle acque sotterranee. Inoltre, l'attacco di fissaggio della zavorra dovrà garantire che in caso di rottura non venga compromessa la tenuta idraulica della tubazione. Durante l'installazione si avrà cura che le tubazioni non vengano sottoposte a pressioni superiori a quella nominale evitando al tempo stesso l'utilizzo di mezzi meccanici per spingere la tubazione all'interno del perforo. I terminali delle tubazioni dovranno essere accessibili ed ispezionabili anche successivamente al completamento dell'impianto e dovranno sbordare dalla porzione cementata per una lunghezza sufficiente all'installazione dei raccordi per l'effettuazione della prova.

Il Direttore di Cantiere dell'Appaltatore dovrà verificare l'idoneità del prodotto utilizzato per la cementazione del foro, corrispondente in linea generale a malte cementizie premiscelate specifiche per l'uso geotermico, e, nelle specifiche condizioni di utilizzo, dovrà essere posto particolare riguardo alle pressioni che si determinano nella fase di cementazione, le quali inducono sollecitazioni allo schiacciamento delle tubazioni costituenti le sonde geotermiche che diventano critiche in profondità e con lo sviluppo della temperatura durante il consolidamento del cemento. La miscelazione della malta cementizia dovrà essere eseguita con miscelatori ad alta turbolenza concepiti per permettere un accurato controllo dei rapporti di miscelazione. L'iniezione dei prodotti cementanti dovrà essere eseguita dal basso verso l'alto tramite un tubo a perdere specificatamente dedicato, di lunghezza almeno pari alla profondità del foro e di diametro commisurato alla viscosità della malta cementizia (preferibilmente non inferiore a 32 mm), calato nella perforazione insieme alle tubazioni della sonda geotermica. In questo senso lo spessore utile dell'intercapedine tra le pareti del perforo e le tubazioni non dovrà essere inferiore a 30 mm e comunque tale da consentire il corretto passaggio del fluido cementante.

Le operazioni di cementazione del foro e di estrazione della colonna di rivestimento devono essere fatte, se possibile, simultaneamente. Il riempimento con malta cementizia potrà considerarsi completo quando affiorerà il materiale in superficie. Qualora il livello scenda è necessario reintegrare dal basso utilizzando lo stesso tubo di iniezione, altrimenti utilizzando un nuovo tubo per tutta la lunghezza disponibile. Qualora si evidenzino cospicue perdite di fluidi di cementazione si dovrà darne pronto avviso alla Direzione Lavori che potrà autorizzare specifiche metodologie atte a contenerle (utilizzo di packers). Qualora non si riesca a far affiorare il materiale di riempimento è necessario interrompere completamente il lavoro, dandone pronta comunicazione alla Direzione Lavori. Dopo aver ricevuto autorizzazione da quest'ultima si potrà procedere alla perforazione di una nuova sonda.

Nel caso di esecuzione di un D-TRT all'interno della sonda dovrà essere posizionata anche la tubazione di monitoraggio per l'intera lunghezza della sonda. Quest'ultima dovrà essere installata ad una distanza compresa tra 20 e 30 mm dalle tubazioni ad U della sonda di scambio termico. La tubazione dovrà essere di diametro sufficiente al successivo calaggio della catena di termometri (indicativamente diametro compreso tra 30-35 mm) e di materiale con caratteristiche idonee a resistere alle sollecitazioni allo schiacciamento in profondità. La tubazione dovrà essere a tenuta e il suo fondo dovrà essere sigillato con idoneo tappo dello stesso materiale della tubazione saldato a quest'ultima.

Nel corso delle operazioni dovranno essere eseguite sia per la sonda ad U che per la tubazione di monitoraggio (nel caso di prove D-TRT) prove di tenuta con acqua e/o aria prima e dopo l'inserimento nel terreno e dopo la cementazione, avendo cura di attendere la completa maturazione del cemento come da specifica del fornitore e comunque per un periodo non inferiore a 21 giorni.

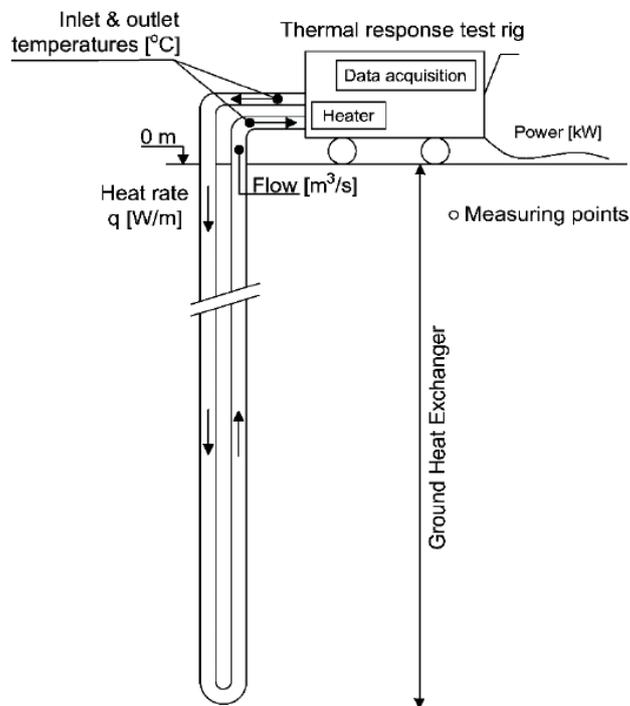
Il fluido vettore da utilizzare nel circuito chiuso della sonda dovrà essere a basso impatto ambientale, non dovrà essere nocivo per la salute umana e per l'ambiente acquatico e dovrà essere biodegradabile. In preferenza si dovrà quindi utilizzare l'acqua potabile, eventualmente addizionata con glicole propilenico a uso

alimentare o altro anticongelante con caratteristiche equivalenti in termini di tossicità e biodegradabilità. Non sarà ammesso l'utilizzo o l'additivazione con antialgali, alcoli o glicole etilenico.

2.9.2.6 Attrezzature e strumentazione

L'attrezzatura per lo svolgimento del test è composta dai seguenti elementi:

- * Unità di riscaldamento e/o di raffreddamento del fluido termovettore;
- * Pompa di circolazione del fluido termovettore;
- * Sistema di acquisizione e memorizzazione dei dati acquisiti (potenza di alimentazione, temperature nel circuito di mandata e di ritorno, temperatura ambiente e portata)
- * Sensori di misura della temperatura e della portata del fluido immesso;
- * Sistema di isolamento termico delle tubazioni.
- * Sistema di acquisizione (catena termometrica da foro) e memorizzazione dei dati di temperatura nel terreno (solo per prova D-TRT)



L'attrezzatura deve essere collegata alle tubazioni della sonda geotermica a circuito chiuso e tutte le tubazioni di collegamento devono essere termicamente isolate e mantenute il più corte possibile al fine di evitare qualsiasi scambio termico con l'aria.

I sensori per la misura della temperatura del fluido in entrata ed in uscita dal circuito così come i sensori di misura della portata del fluido termovettore devono avere un grado di accuratezza appropriato che consenta successivamente il calcolo accurato dei parametri termici del terreno. In particolare per la misura della temperatura si suggerisce di utilizzare sensori che abbiano almeno le seguenti caratteristiche minime:

- * Range misura Temperatura: da -10°C a $+50^{\circ}\text{C}$;
- * Accuratezza misura Temperatura: $\pm 0,10^{\circ}\text{C}$;
- * Risoluzione misura Temperatura: $0,01^{\circ}\text{C}$;

L'attrezzatura di prova deve fornire una potenza di riscaldamento o raffreddamento costante per tutta la durata del test e deve permettere eventualmente la regolazione del medesimo carico termico verso il circuito di scambio. Anche la pompa di circolazione deve essere regolabile e permettere la regolazione del volume di fluido termovettore all'interno del circuito di scambio termico. L'attrezzatura deve permettere di generare un flusso turbolento all'interno delle tubazioni del circuito di scambio ($Re > 2500$) al fine di fornire un sufficiente flusso di calore che deve risultare compreso in generale tra 40 W/m e 80 W/m (il valore in metri è da riferirsi alla lunghezza dello scambiatore di calore). Valori inferiori possono essere utilizzati nel caso di terreni

caratterizzati da conducibilità termiche basse o molto basse. In generale il flusso di calore impostato deve essere comunque sufficiente a generare una differenza di temperatura nel circuito di scambio compresa tra 3 e 5 °C.

Il fluido termovettore da utilizzare per la prova deve essere di preferenza acqua con la quale prima dell'inizio della prova dovrà essere riempito l'interno circuito di scambio termico e di riscaldamento. Al fine di favorire un corretto riempimento di tutte le tubazioni, nel circuito dovranno essere presenti apposite valvole che consentano lo spurgo dell'aria residua presente all'interno del circuito medesimo.

2.9.2.7 Calibrazioni e controlli

Tutte le sonde termometriche presenti all'interno dell'apparecchiatura di test, così come le sonde termometriche eventualmente installate in foro (nel caso di prova D-TRT) dovranno essere accompagnate da un certificato di calibrazione e taratura fornito dal produttore che ne attesti in particolare l'accuratezza nella misura pari a +/- 0.10°C.

Anche il misuratore di portata installato all'interno dell'apparecchiatura dovrà essere accompagnato da un certificato di taratura che ne attesti la precisione e l'accuratezza di misura.

In assenza di tale documentazione da parte del produttore sarà onere dell'Appaltatore provvedere alla produzione di tale certificazione rivolgendosi ad un laboratorio di taratura accreditato. Le tarature delle sonde termometriche e del misuratore di portata dovrà essere ripetuta almeno ogni anno o comunque secondo la frequenza indicata dal produttore o dall'Ente che ha rilasciato la certificazione medesima.

2.9.2.8 Modalità esecutive

Il test non potrà avere inizio prima che siano trascorsi almeno 5 giorni dal completamento della cementazione della sonda di scambio a circuito chiuso. Intervalli di tempo maggiori possono essere richiesti nel caso in cui la perforazione della sonda sia stata condotta tramite tecnica ad aria compressa (air flush drilling) poiché introduce aria calda all'interno del terreno o comunque quando siano state utilizzate malte cementizie di qualsiasi genere poiché la maturazione di tali malte comporta reazioni chimiche fortemente esotermiche. In conseguenza di questo è necessario attendere la completa maturazione della malta medesima e prevedere misurazioni della temperatura al fine di verificare quando l'equilibrio termico con il terreno circostante è stato nuovamente ristabilito.

La temperatura iniziale indisturbata del terreno deve essere misurata prima dell'inizio del test utilizzando uno dei seguenti metodi:

* Misurazione del profilo di temperatura all'interno della sonda di scambio o nello spazio anulare tra la sonda ed il terreno (nel caso in cui sia accessibile) ogni 2 m per l'intera lunghezza della sonda senza circolazione del fluido;

* Misurazione indiretta della temperatura media del terreno attraverso la circolazione del fluido termovettore all'interno della sonda di scambio con l'unità di riscaldamento/raffreddamento disattivata.

Successivamente a questa operazione la prova può avere inizio: il fluido termovettore riscaldato in maniera uniforme ad una temperatura predeterminata dovrà essere pompato con portata costante all'interno del circuito di scambio. La variazione di temperatura rispetto alla temperatura iniziale dovrà essere misurata il più vicino possibile alla successiva temperatura di esercizio. La temperatura all'ingresso e all'uscita del circuito di scambio dovrà essere misurata e memorizzata nel tempo a partire dalla messa in funzione della pompa di circolazione del fluido con una frequenza temporale di alcuni secondi. Allo stesso tempo dovrà iniziare la misura e la memorizzazione della temperatura dell'aria esterna. Lo svolgimento della prova con una potenza di alimentazione dovrà durare costante fino a quando le misure delle conducibilità termica convergano verso un valore costante. In particolare la durata del test definita dovrà essere conforme:

* alle caratteristiche progettuali della sonda di scambio termico (diametro, materiale di riempimento della sonda, ecc.);

* alla costanza e all'uniformità nel tempo del riscaldamento o del raffreddamento

La durata minima del test prima del raggiungimento delle condizioni per cui sia possibile determinare un valore costante di conducibilità termica del terreno può essere calcolato attraverso la seguente formula:

$$t_1 = \frac{5r_0^2}{\alpha}$$

dove

$$\alpha = \frac{\lambda_{est}}{\rho c_p}$$

r_0 è il raggio della sonda (m);

λ_{est} è la conducibilità termica stimata (W/m/K);

ρc_p è la capacità termica volumetrica (J/m³/K).

La durata del test deve assicurare altresì il superamento della resistenza termica della sonda così come calcolato dalla precedente formula e deve mirare al raggiungimento della convergenza della misura della conducibilità termica del terreno.

La durata minima del test deve essere ulteriormente estesa nel caso in cui per la cementazione del foro siano state utilizzate malte cementizie caratterizzate da conducibilità termica < 1,3 W/m/K o nel caso in cui chiare fluttuazioni di temperatura siano presenti nelle misure al fine di compensarle in maniera statistica.

2.9.2.8.1 Risultati ed interpretazione del test

I risultati del test TRT sono:

* Le misure della temperatura in ingresso al circuito di scambio termico nel tempo;

* Le misure della temperatura in uscita al circuito di scambio termico nel tempo;

Nel caso di esecuzione di un test D-TRT ai precedenti risultati si aggiunge anche:

* Le misure della temperatura nel terreno alle differenti profondità dove sono stati installati i sensori termometrici.

Al fine di ottenere i valori di conducibilità termica del terreno e la resistenza offerta dalla sonda di scambio, i risultati del test possono essere interpretati facendo riferimento ai seguenti metodi:

* Determinazione dei parametri tramite approssimazione con la teoria della sorgente lineare infinita (Line Source Theory - ILS);

* Determinazione dei parametri tramite approssimazione con la teoria della sorgente cilindrica (se applicabile);

* Stima dei parametri mediante metodi analitici e numerici;

Tutti i precedenti metodi sono basati sull'assunzione che il trasporto di calore all'interno del terreno avvenga principalmente per conduzione.

L'approssimazione della sorgente lineare infinita (ILS) può essere applicata se dopo un certo periodo iniziale, l'andamento della temperatura assume nei confronti del logaritmo del tempo trascorso dall'inizio della prova un andamento lineare o comunque che sia caratterizzata da variazioni periodiche che si possono compensare per la durata del test. Il periodo iniziale di riequilibrio della temperatura (t_1) può essere stimato in circa 10-15 ore e può essere calcolato attraverso l'utilizzo della formula precedente. Qualora i risultati della conducibilità termica calcolata dovessero mostrare una marcata deviazione dai valori stimati, tale valutazione dovrà essere ripetuta utilizzando un periodo iniziale di riequilibrio (t_1) ricalcolato utilizzando la precedente formula.

L'inclinazione k ottenuta dal grafico della temperatura raggiunte le condizioni di stato stazionario è necessaria per il calcolo della conducibilità termica del terreno attraverso la seguente formula:

$$\lambda_{eff} = \frac{Q}{4k\pi H}$$

Dove:

Q è la quantità di calore immessa nel circuito (misurata direttamente dalla strumentazione);

H è la profondità complessiva della sonda.

La resistenza termica R_b offerta dalla sonda può essere calcolata con la seguente formula:

$$R_b = \frac{H}{Q} (t_f - t_0) - \frac{1}{4\pi\lambda} \left(\ln(t) + \ln\left(\frac{4\alpha}{r_0^2}\right) - 0.5772 \right)$$

I valori di k e R_b devono essere variati iterativamente fino a quando la risposta modellata della temperatura in non sia quanto più congruente possibile con la temperatura misurata in entrata ed in uscita dal circuito di scambio.

2.9.2.9 Documentazione

La documentazione finale che l'esecutore della prova TRT o D-TRT dovrà fornire alla Direzione Lavori dovrà comprendere:

* Relazione di installazione della sonda a circuito chiuso per lo scambio termico comprensiva delle informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore), stratigrafia di dettaglio dei terreni attraversati, eventuale ubicazione del livello di falda, parametri di perforazione, caratteristiche tecniche e materiali impiegati per la realizzazione della sonda, descrizione del materiale di riempimento/cementazione della sonda, schema di dettaglio (as built) della sonda, risultati dei test di tenuta effettuati sulle tubazioni.

* Relazione di esecuzione ed interpretazione della prova TRT o D-TRT che deve includere tutti i risultati misurati nel corso del test e l'interpretazione di questi ultimi ovvero i valori di conducibilità termica e resistenza termica della sonda ottenuti sia in formato numerico che in formato grafico eventualmente confrontati (in particolare per la prova D-TRT) con la stratigrafia del terreno ricostruita nella fase di perforazione della sonda. Allegati alla suddetta relazione dovranno essere forniti, sottoforma di allegato digitale (in un formato file adeguato), i seguenti dati:

- * Valori di temperatura misurata in ingresso al circuito di scambio;
- * Valori di temperatura misurata in uscita del circuito di scambio;
- * Valori di temperatura misurata all'interno del terreno (nel caso di D-TRT);
- * Durata del test;
- * Valori della temperatura indisturbata del terreno (valore medio o profilo delle temperature);
- * Valori istantanei della potenza fornita dall'apparecchiatura nel corso del test;
- * Valori della temperatura ambientale;
- * Valori della conducibilità termica (λ_{eff}) calcolata secondo le procedure descritte al capitolo precedente;
- * Valori della resistenza della sonda (R_b) calcolata secondo le procedure descritte al capitolo precedente;

3. MONITORAGGI GEOTECNICI

3.1 Installazione di strumentazione

3.1.1 Piezometro a tubo aperto

3.1.1.1 Generalità

Il piezometro a tubo aperto, installato in un foro di sondaggio verticale, consente il rilievo della profondità della superficie piezometrica, mediante misurazione con apposita sonda elettrica (freatimetro).

Il piezometro a tubo aperto è generalmente adatto a terreni di elevata permeabilità ($k > 10^{-6}$ m/s).

3.1.1.2 Normative e specifiche di riferimento

* AGI Associazione Geotecnica Italiana (1977) - Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche

3.1.1.3 Caratteristiche della strumentazione

La strumentazione da installare nel foro dovrà essere costituita da:

* tubo piezometrico in PVC, di diametro esterno compreso tra 1¼" e 3", costituito da una serie di spezzoni ciechi e filtranti di lunghezza variabile tra 1.5 e 3 m; gli spezzoni filtranti del tubo saranno finestrati orizzontalmente; i diversi spezzoni di tubo dovranno essere giuntati attraverso appositi manicotti filettati.

L'utilizzo di tubi piezometrici di materiali o dimensioni diversi da quelli descritti dovrà essere subordinato ad approvazione da parte della Direzione Lavori.

3.1.1.4 Preparazione del foro

La perforazione del foro di sondaggio in cui andrà installato il piezometro dovrà essere eseguita utilizzando, come fluido di circolazione acqua pulita. In nessun caso è permesso l'uso di fango bentonitico.

Se il piezometro non deve essere posato a fondo foro, il foro dovrà essere riempito, ritirando man mano il rivestimento, fino ad una quota di 0.5 m più bassa di quella di installazione, con una miscela cemento-bentonite-acqua in proporzioni tali che la consistenza della miscela, a posa avvenuta, sia simile a quella del terreno nella zona del piezometro.

Una volta avutasi la presa, il foro deve essere accuratamente lavato con acqua pulita (previo degrado nel caso di presenza di fango), interponendo se necessario un sottile tappo di palline di bentonite e ghiaietto per stabilizzare il tetto della miscela plastica.

3.1.1.5 Installazione

L'installazione seguirà le seguenti fasi:

* posa di uno spessore di 0.5 m di sabbia grossa o ghiaietto pulito arrotondato ($\emptyset = 1 \div 4$ mm);

* discesa a quota del tubo piezometrico, precedentemente assemblato secondo la sequenza di tratti ciechi e finestrati prevista dal progetto delle indagini o dalla Direzione Lavori; i singoli spezzoni di tubo dovranno essere collegati tra loro mediante appositi manicotti di giunzione, opportunamente sigillati; lo spezzone di piezometro più profondo dovrà essere chiuso con apposito tappo di fondo;

* posa di sabbia grossa o ghiaietto pulito arrotondato ($\emptyset = 1 \div 4$ mm) attorno al tratto finestrato del tubo piezometrico, ritirando man mano il rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il tubo piezometrico non risalga assieme al rivestimento;

* posa di un tampone impermeabile dello spessore complessivo di 1 m al di sopra del tratto finestrato, realizzato inserendo bentonite in palline ($\emptyset = 1 \div 2$ cm) in strati di 20 cm alternata a ghiaietto in strati di 2 ÷ 3 cm, ritirando sempre man mano il rivestimento;

* riempimento del foro al di sopra del tampone impermeabile con una miscela plastica acqua-cemento-bentonite (con proporzioni in peso rispettivamente di 100, 30 e 5), calata attraverso apposite aste discese sul fondo del foro;

* sistemazione e protezione della estremità del piezometro con messa in opera di doppio pozzetto di protezione consistente in spezzone di tubo metallico con coperchio e asole per la chiusura con lucchetto di sicurezza, da predisporre all'interno di pozzetto in cls (30 x 30 x 30 cm) fornito di chiusino carrabile da collocare a quota piano campagna, eventuali sistemazioni diverse dovranno essere concordate con la Direzione Lavori. I lucchetti dovranno essere del tipo a chiave unica, le quali dovranno essere consegnate alla Direzione Lavori;

* spurgo e collaudo del piezometro ed esecuzione della prima lettura significativa, da considerarsi tale

dopo aver eseguito almeno tre letture, la prima delle quali deve avvenire a non meno di due ore dalla realizzazione del piezometro e le successive a distanza di 24 ore l'una dall'altra; a questa fase dovrà presenziare la Direzione Lavori che successivamente prenderà in consegna il piezometro.

3.1.1.6 Documentazione

La documentazione dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * stratigrafia del foro di sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- * tipo e schema di installazione nel foro del tubo piezometrico;
- * quota assoluta o relativa della estremità superiore del chiusino di protezione;
- * tabella con le letture eseguite per la determinazione della prima lettura significativa.

3.1.2 Piezometro tipo Casagrande

3.1.2.1 Generalità

Il piezometro tipo Casagrande consente il rilievo, mediante apposita sonda elettrica (freatimetro) munita di cavo graduato, della profondità della superficie piezometrica, attraverso l'inserimento in un foro di sondaggio di un piezometro costituito da un filtro cilindrico collegato a due tubicini rigidi in PVC per il raccordo con la superficie.

Il piezometro tipo Casagrande è adatto a terreni poco permeabili.

3.1.2.2 Normative e specifiche di riferimento

- * AGI Associazione Geotecnica Italiana (1977) - Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche

3.1.2.3 Caratteristiche della strumentazione

La strumentazione da installare nel foro dovrà essere costituita da:

- * cella tipo Casagrande, costituita da un cilindro poroso di materiale plastico (ad es. polietilene soffiato) o di ceramica, che dovrà avere un diametro minimo di 50 mm e una lunghezza non inferiore a 200 mm; il collegamento del cilindro poroso con la superficie è assicurato da due tubicini rigidi in PVC (andata e ritorno), che dovranno avere un diametro interno non inferiore a 15 mm e uno spessore non inferiore a 3 mm; i singoli spezzoni di tubo, di lunghezza generalmente variabile tra 1.5 e 3 m, dovranno essere collegati tra loro da appositi manicotti di giunzione.

L'utilizzo di celle o tubi piezometrici di materiali o dimensioni diversi da quelli descritti dovrà essere subordinato ad approvazione da parte della Direzione Lavori.

3.1.2.4 Preparazione del foro

La perforazione del foro di sondaggio in cui andrà installata la cella Casagrande dovrà essere eseguita utilizzando, come fluido di circolazione acqua pulita. In nessun caso è permesso l'uso di fango bentonitico.

Se la cella Casagrande non deve essere posata a fondo foro, il foro dovrà essere riempito, ritirando man mano il rivestimento, fino ad una quota di 0.5 m più bassa di quella di installazione, con una miscela acqua-cemento-bentonite in proporzioni tali che la consistenza della miscela, a posa avvenuta, sia simile a quella del terreno nella zona del piezometro.

Una volta avutasì la presa, il foro deve essere accuratamente lavato con acqua pulita (previo degrado nel caso di presenza di fango), interponendo se necessario un sottile tappo di palline di bentonite e ghiaietto per stabilizzare il tetto della miscela plastica.

3.1.2.5 Installazione

L'installazione seguirà le seguenti fasi:

- * posa di uno spessore di 0.5 m di sabbia grossa o ghiaietto pulito arrotondato ($\varnothing = 1 \div 4$ mm);
- * discesa a quota della cella Casagrande, precedentemente assemblata con i due tubicini rigidi in PVC; i singoli spezzoni di tubo dovranno essere collegati tra loro mediante appositi manicotti di giunzione, opportunamente sigillati;
- * posa di sabbia grossa o ghiaietto pulito arrotondato ($\varnothing = 1 \div 4$ mm) attorno alla cella Casagrande e al di sopra per circa 0.5 m, ritirando man mano il rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che cella e tubicini non risalgano assieme al rivestimento;

- * posa di un tampone impermeabile dello spessore complessivo di 1 m, realizzato inserendo bentonite in palline ($\varnothing = 1 \div 2$ cm) in strati di 20 cm alternata a ghiaietto in strati di $2 \div 3$ cm, ritirando sempre man mano il rivestimento;
- * riempimento del foro al di sopra del tampone impermeabile con una miscela plastica acqua-cemento-bentonite (con proporzioni in peso rispettivamente di 100, 30 e 5), calata attraverso apposite aste discese sul fondo del foro;
- * sistemazione e protezione della estremità del piezometro con messa in opera di doppio pozzetto di protezione consistente in spezzone di tubo metallico con coperchio e asole per la chiusura con lucchetto di sicurezza, da predisporre all'interno di pozzetto in cls (30 x 30 x30 cm) fornito di chiusino carrabile da collocare a quota piano campagna, eventuali sistemazioni diverse dovranno essere concordate con la Direzione Lavori. I lucchetti dovranno essere del tipo a chiave unica, le quali dovranno essere consegnate alla Direzione Lavori;
- * esecuzione della prima lettura significativa, da considerarsi tale dopo aver eseguito almeno tre letture, la prima delle quali deve avvenire a non meno di due ore dalla realizzazione del piezometro e le successive a distanza di 24 ore l'una dall'altra, fino a completa stabilizzazione del livello dell'acqua nel foro; la misura del livello dovrà essere eseguita in entrambi i tubi del piezometro, controllando così che il circuito e il filtro siano liberi da bolle d'aria o impurità che possano impedire il libero flusso dell'acqua; in caso di rilevamento di un livello dell'acqua non uguale nei due tubi, dovrà essere eseguito il lavaggio dei tubi; a questa fase di controllo dovrà presenziare la Direzione Lavori che successivamente prenderà in consegna il piezometro.

3.1.2.6 Documentazione

La documentazione dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * stratigrafia del foro di sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- * tipo e schema di installazione nel foro della cella Casagrande;
- * quota assoluta o relativa della estremità superiore del chiusino di protezione;
- * tabella con le letture eseguite per la determinazione della prima lettura significativa.

3.1.3 Piezometro BAT MKII

3.1.3.1 Generalità

I piezometri BAT (B. A. Torstensson Sounding System) tipo Mk II, oltre alla misura della pressione o sovrappressione interstiziale in un terreno fine limoso-argilloso, consentono anche l'esecuzione di prove di permeabilità puntuali e il prelievo, alla profondità di posa dello strumento, di "campioni indisturbati" dell'acqua di falda su cui eventualmente eseguire esami chimico-fisici (es. determinazione della salinità, del grado di inquinamento, ecc.).

3.1.3.2 Caratteristiche della strumentazione

La strumentazione da installare nel foro dovrà essere costituita da:

- * Cella BATMKII
- * Tubo adattatore in acciaio zincato
- * Tubi di collegamento in acciaio zincato
- * Kit per la misura della pressione interstiziale comprensivo di trasduttori
- * Computer portatile per l'elaborazione dei dati

3.1.3.3 Preparazione del foro

L'installazione del piezometro BAT è generalmente eseguita infiggendo a pressione la punta direttamente nel terreno indisturbato e saturo e aggiungendo via spezzoni di tubo in acciaio galvanizzato da 1".

Quando l'infissione direttamente dalla superficie non sia possibile (falda profonda, terreno resistente) si ricorrerà all'ausilio di un preforo a distruzione, da eseguire sino a circa $0.5 \div 1$ m sopra la quota di posa del piezometro.

3.1.3.4 Installazione

Per l'installazione dello strumento, conformemente alle prescrizioni del costruttore, si dovranno seguire scrupolosamente le seguenti istruzioni:

- assemblare il piezometro, dopo averlo disaerato per bollitura in acqua, come previsto nel relativo manuale d'istruzioni;

- mantenendo il piezometro sotto acqua, in un secchio, avvitare il primo tubo alla punta piezometrica;
- riempire il preforo con acqua o miscela bentonitica sino a piano campagna, eventualmente rabboccando per mantenere il livello;
- riempire d'acqua un sacchetto di plastica e, operando sempre sott'acqua, introdurre il piezometro nel sacchetto;
- assicurarsi che il piezometro, nel sacchetto, sia completamente immerso in acqua e quindi inserire rapidamente la punta col sacchetto nel foro pieno d'acqua;
- lacerare il sacchetto in modo che la punta rimanga immersa in acqua;
- avvitare di seguito i vari tubi di prolungamento da 1", accuratamente puliti all'interno e sui filetti, sigillando le giunzioni con nastro di teflon;
- una volta posato il piezometro a fondo foro, con l'ausilio della sonda infiggere a pressione la punta nel terreno naturale per circa 0.5÷1 m, compatibilmente con la resistenza del terreno e la rigidità delle aste;
- avvitare, all'estremità del tubo in superficie, il tappo di protezione dello strumento;
- iniettare l'intercapedine del foro, tra tubo e terreno, con opportuna miscela cemento-bentonite, sino ad eliminare tutta l'acqua;
- * il tappo di protezione dello strumento dovrà essere protetto con pozzetto munito di coperchio metallico e lucchetto; qualora si renda necessario questa protezione dovrà essere inserita all'interno di un ulteriore pozzetto in cls (30 x 30 x30 cm) fornito di chiusino carrabile da collocare a quota piano campagna; eventuali sistemazioni diverse dovranno essere concordate con la Direzione Lavori. I lucchetti dovranno essere del tipo a chiave unica, le quali dovranno essere consegnate alla Direzione Lavori;
- * eseguire una misura di controllo della pressione nel piezometro installato.

3.1.3.5 Documentazione

La documentazione dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * stratigrafia del foro di sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- * caratteristiche del piezometro e schema di installazione nel foro;
- * quota assoluta o relativa della estremità superiore del chiusino di protezione;
- * tabella con le letture eseguite per la determinazione della prima lettura significativa.

3.1.4 Tubo inclinometrico

3.1.4.1 Generalità

L'installazione di un tubo inclinometrico in un foro di sondaggio consente, attraverso misure ripetute nel tempo, la misura dello spostamento orizzontale del terreno lungo tutta la verticale. Tali misure vengono effettuate introducendo nel tubo una apposita sonda inclinometrica che, dotata di sensori servoaccelerometrici di elevata precisione, consente di misurare l'inclinazione del tubo in corrispondenza di una determinata sezione.

3.1.4.2 Normative e specifiche di riferimento

- * ASTM D 6230 – 21E1 - Standard Practices For Monitoring Earth Or Structural Movement Using Inclinometers.

3.1.4.3 Caratteristiche della strumentazione

I tubi inclinometrici dovranno essere di alluminio e dovranno avere una sezione circolare provvista di quattro scanalature con funzione di guida per la sonda inclinometrica.

Le dimensioni del tubo inclinometrico, per una perforazione di 101 mm, dovranno essere le seguenti:

- * \varnothing_{int} tubo = 76 mm;
- * \varnothing_{int} guide = 82 mm;
- * \varnothing_{est} guide = 86 mm;

Dimensioni diverse del tubo inclinometrico da installare nel foro, in funzione di un diverso diametro di perforazione, dovranno essere indicate nel progetto delle indagini o dovranno essere comunicate all'Appaltatore direttamente dalla Direzione Lavori.

I tubi inclinometrici, che dovranno essere disponibili in spezzoni di 3 m, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- * spirality dei tubi inferiore a 0.5°/m;
- * assoluta perpendicolarità delle sezioni terminali degli spezzoni di tubo rispetto all'asse del tubo, con la tolleranza di 1°.

I tubi inclinometrici dovranno essere assemblati mediante manicotti di giunzione, della lunghezza minima di 300 mm, che dovranno soddisfare il seguente requisito: $\varnothing_{int} \text{ guide manicotto} \leq \varnothing_{est} \text{ guide tubo inclinometrico} + \text{circa } 1 \text{ mm}$.

Il gioco massimo di accoppiamento tra i tubi (sfalsamento rotazionale) dovuto ai soli manicotti non dovrà essere superiore a 1°/giunto.

L'utilizzo di tubi in alluminio in ambiente aggressivo (ambienti alcalini, presenza di correnti vaganti, ecc.) dovrà essere subordinato alla realizzazione di opportune protezioni (anodizzazione o verniciatura con resine epossidiche); la cementazione dei tubi in alluminio dovrà comunque sempre essere effettuata mediante l'utilizzo di cemento pozzolanico.

In alternativa potranno essere installati tubi inclinometrici in materiali diversi (ad es. ABS, PVC o vetroresina), il cui utilizzo tuttavia dovrà essere subordinato a preventiva autorizzazione da parte della Direzione Lavori.

La strumentazione necessaria per l'installazione e il collaudo della tubazione inclinometrica dovrà comprendere una sonda inclinometrica, con le caratteristiche tecniche specificate al punto 4.2.3. delle presenti Norme Tecniche d'Appalto, per il controllo della verticalità ed una sonda spiralometrica, a controllo meccanico od elettronico, che consenta la misura dell'azimut del tubo in ogni sezione.

3.1.4.4 Preparazione del foro

La perforazione del foro di sondaggio in cui verrà installato il tubo inclinometrico dovrà essere verticale e di diametro pari almeno a 101 mm, con una deviazione globale dalla verticale non superiore all'1.5%.

Diametri di perforazione diversi da quello indicato dovranno essere indicati nel progetto delle indagini o dovranno essere comunicate all'Appaltatore direttamente dalla Direzione Lavori.

Una volta installato il tubo inclinometrico, il rivestimento del foro dovrà essere estratto con movimenti di sola trazione e assolutamente senza rotazione della colonna del rivestimento, per evitare danneggiamenti e soprattutto fenomeni di spirallatura del tubo inclinometrico. Per facilitare le operazioni di estrazione della colonna del rivestimento, essa dovrà avere giunti con filettatura M/F senza manicotti o ingrossamenti esterni (colonna liscia), dovrà essere in ottimo stato (senza scampanature in corrispondenza dei giunti filettati) e dovrà essere di notevole spessore (10 mm circa).

3.1.4.5 Controlli preliminari

In cantiere, prima dell'installazione, dovrà essere controllato quanto segue:

- * i tubi e i manicotti non devono avere lesioni o schiacciature dovute al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- * le estremità dei tubi e dei manicotti non dovranno avere sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
- * l'eventuale tubo per l'iniezione della miscela di cementazione, applicato all'esterno della colonna inclinometrica, dovrà essere perfettamente efficiente;
- * la miscela di cementazione che dovrà essere costituita da acqua, cemento pozzolanico e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;
- * dovranno essere controllati infine il diametro delle punte del trapano, il diametro e la lunghezza dei rivetti, il tipo e la scadenza del mastice, l'efficienza della morsa di sostegno.

3.1.4.6 Installazione

La posa in opera dei tubi inclinometrici dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità:

- * lavaggio accurato con acqua pulita del foro di sondaggio;
- * preassemblaggio dei tubi inclinometrici in spezzoni di 6 m, terminanti ad un estremo con un manicotto. La realizzazione dei giunti dovrà avvenire nel modo seguente:
- * inserimento del manicotto sul tubo per metà della sua lunghezza;
- * realizzazione dei fori per i rivetti (≥ 4 per ogni tubo) lungo generatrici equidistanti dalle guide e a circa 50 mm dall'estremità del manicotto;
- * con il manicotto in posizione mediante delle spine, inserimento di un altro tubo e realizzazione degli altri fori per i rivetti;
- * rimozione del manicotto;
- * applicazione di un sottile strato di mastice all'esterno del tubo e all'interno del manicotto;
- * inserimento del primo tubo nel manicotto e chiodatura con rivetti;
- * attesa di circa 10' e quindi applicazione di una abbondante fasciatura con nastro adesivo autovulcanizzante,

- evitando assolutamente bruschi movimenti che possano causare torsioni;
- * montaggio del tappo di fondo sul primo spezzone di tubo, già munito di manicotto, e fissaggio dell'estremità inferiore del tubo per l'iniezione della miscela cementizia; nel caso in cui il tappo di fondo sia provvisto di apposita valvola unidirezionale per l'iniezione della miscela quest'ultima operazione non sarà necessaria;
 - * inserimento del primo spezzone di tubo nel foro (in terreni sotto falda riempire il tubo di acqua per contrastare la spinta di Archimede e favorirne l'affondamento);
 - * bloccaggio del tubo mediante apposita morsa, in modo che dal foro fuoriescano circa 40 ÷ 50 cm di tubo più il manicotto;
 - * inserimento dello spezzone successivo; incollaggio, rivettatura e sigillatura del giunto;
 - * allentamento della morsa per permettere di calare il tubo nel foro (riempiendolo d'acqua se necessario) fissando nel contempo il tubo di iniezione;
 - * bloccaggio del tubo con la morsa, in modo che dal foro fuoriescano circa 40 ÷ 50 cm di tubo più il manicotto;
 - * prosecuzione delle operazioni descritte fino al completamento della colonna, annotando la lunghezza dei tratti di tubo e la posizione dei manicotti;
 - * cementazione del tubo inclinometrico, da eseguire a bassissima pressione, in ogni caso non superiore a 200 kPa, attraverso il tubo di iniezione o attraverso la valvola di fondo, osservando la risalita della miscela cementizia all'esterno del tubo inclinometrico; il rivestimento di perforazione dovrà essere estratto, operando solo a trazione e senza rotazione, non appena la miscela appare in superficie; nella fase di estrazione del rivestimento il rabbocco della miscela potrà essere eseguito da testa foro, per mantenere il livello costante a p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi;
 - * accurato lavaggio con acqua pulita dell'interno del tubo inclinometrico mediante attrezzo a fori radiali; l'attrezzo dovrà essere dotato di pattini zigrinati per la pulizia delle guide;
 - * la strumentazione dovrà essere protetta con la messa in opera di doppio pozzetto di protezione il primo provvisto di coperchio di copertura con asole per la chiusura con lucchetto di sicurezza a chiave unica e che dovrà sporgere di almeno di 10 cm dalla sommità del tubo inclinometrico, da predisporre all'interno di pozzetto in cls (30 x 30 x 30 cm) fornito di chiusino carrabile da collocare a quota piano campagna, ,

3.1.4.7 Controlli finali

Al termine delle operazioni di installazione e cementazione, a presa già avviata (1 ÷ 2 giorni dopo), si dovrà verificare la funzionalità della tubazione inclinometrica attraverso il controllo della continuità e dell'allineamento degli spezzoni di tubo. Il controllo verrà eseguito calando nel foro una sonda testimone (di caratteristiche analoghe a quella da utilizzarsi per le successive misure), facendola scorrere lungo le guide del tubo fino a fondo foro, estraendola e quindi ripetendo l'operazione altre tre volte, dopo aver ruotato la sonda di 90° ogni volta che viene estratta dal foro. Il tubo inclinometrico verrà dichiarato idoneo se la sonda testimone sarà passata in tutte e quattro le guide senza incontrare ostacoli sia in discesa sia in risalita. In questa fase inoltre verrà scelta la guida di riferimento (guida 1), misurandone l'azimut, e si numereranno tutte le guide.

3.1.4.8 Documentazione

La documentazione dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * stratigrafia del foro di sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- * caratteristiche del tubo inclinometrico installato;
- * caratteristiche della miscela utilizzata per la cementazione del tubo e quantità assorbita durante la cementazione;
- * schema di installazione nel foro del tubo inclinometrico;
- * quota assoluta o relativa della estremità superiore del chiusino di protezione;
- * azimut della guida di riferimento e schema della numerazione delle guide;
- * misura della lettura di zero.

3.1.5 Assestmetro magnetico profondo

3.1.5.1 Generalità

Gli assestometri magnetici profondi vengono installati in fori di sondaggio per valutare l'entità degli assestamenti nel tempo dei terreni in profondità.

Essi vengono normalmente installati in corrispondenza di terreni compressibili; l'esatta ubicazione verrà comunque indicata dalla Direzione Lavori, sulla base delle risultanze stratigrafiche.

3.1.5.2 Caratteristiche della strumentazione

L'Assestometro magnetico è un sistema strumentale costituito da una tubazione continua composta da un tubo guida con guaina esterna compressibile (tubo corrugato) e coassiale ad esso, e da una serie di punti magnetizzati. I punti magnetizzati sono costituiti da anelli in PVC contenenti dei magneti di ferrite che creano un campo magnetico permanente. Tali anelli magnetizzati hanno diametro interno tale da consentire il loro scorrimento coassialmente al tubo guida e sono muniti esternamente di doppia terna di molle ad espansione, a 120°, per l'ancoraggio nel terreno.

3.1.5.3 Preparazione del foro

La perforazione del foro di sondaggio in cui verrà installato l'assestometro profondo potrà avvenire a carotaggio o a distruzione di nucleo con sostegno delle pareti del foro assicurato dal rivestimento provvisorio di diametro 127 mm. L'infissione del rivestimento dovrà avvenire adottando gli opportuni accorgimenti per impedire il verificarsi di "scavernamenti" in modo da mantenere il profilo del foro il più possibile prossimo a quello teorico.

3.1.5.4 Installazione

L'installazione della colonna assestimetrica seguirà le seguenti fasi:

- introduzione, nel foro di sondaggio rivestito, del tubo guida costituito da aste rigide filettate M/F, in PVC o alluminio, rivestite da una guaina esterna compressibile (ad esempio tubo corrugato) per eliminare l'azione di attrito negativo del terreno, fissata in apposite sedi all'estremità delle aste. La tubazione assestimetrica dovrà avere diametro uguale per tutta la lunghezza, per consentire lo scorrimento dei sensori magnetici. Sull'elemento più superficiale del tubo guida sarà avvitato un anello di sospensione per permettere il fissaggio al tubo di testa;
- riempimento dell'intercapedine, tra il tubo guida e il rivestimento provvisorio, con miscela acqua-cemento-bentonite avente caratteristiche tali da riprodurre quelle dei terreni circostanti, iniettata dal fondo mediante un'apposita tubazione da estrarsi ad iniezione conclusa;
- recupero della colonna di rivestimento provvisorio, per sola trazione, sino a poco sopra la quota di posa del sensore magnetico più profondo;
- ancoraggio nel terreno del sensore magnetico, spinto alla profondità indicata lungo il tubo guida. Prima dell'installazione si verificherà il buon funzionamento del sensore;
- accertamento della profondità di posa del sensore con l'apposita sonda di rilevamento;
- ulteriore recupero del rivestimento sino a poco sopra la quota di posa del secondo sensore magnetico e ripetizione delle operazioni (d) ed (e) e così di seguito per tutti i sensori previsti;
- sistemazione dell'ancoraggio superficiale con getto di calcestruzzo e chiusura con tappo in alluminio, fornito di O-ring;
- posa del pozzetto di protezione con coperchio metallico e lucchetto, come da indicazioni fornite dalla Direzione Lavori. La sistemazione superficiale dovrà essere tale da consentire l'eventuale prolungamento del tubo guida e della protezione;
- lettura di "zero", eseguita a 24 ore dal termine dell'installazione, per la determinazione delle quote di riferimento dei sensori.

3.1.5.5 Documentazione

La documentazione dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * stratigrafia del foro di sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- * caratteristiche del tubo assestimetrico installato;
- * caratteristiche della miscela utilizzata per la cementazione del tubo
- * schema di installazione del tubo assestimetrico con profondità dei sensori;
- * quota assoluta o relativa della estremità superiore del chiusino di protezione;
- * misura di zero degli assestimetri installati.

3.1.6 Assestimetro a piastra

3.1.6.1 Generalità

Gli assestimetri a piastra vengono installati per valutare l'evoluzione nel tempo dei cedimenti del terreno generalmente in corrispondenza di rilevati.

3.1.6.2 Caratteristiche della strumentazione

Gli assestimetri a piastra sono costituiti da piastre in calcestruzzo o ferro, munite di aste rigide prolungabili, su cui periodicamente eseguire livellazioni di precisione.

La piastra in calcestruzzo dovrà avere dimensioni di 60x60 cm e spessore 10 cm; dovrà essere opportunamente armata per evitare deformazioni o fessurazioni e la sua base dovrà essere perfettamente piana.

La piastra in ferro, di dimensioni 60x60 cm e spessore 1 cm, sarà rinforzata lungo le diagonali per evitare eventuali deformazioni.

Al centro delle piastre verrà fissato o saldato l'anello di avvitamento dell'asta rigida di misura, consistente in un tubo filettato da 1", in modo tale che l'asta sia perfettamente perpendicolare alla base della piastra.

L'asta di misura sarà protetta da un rivestimento, metallico o plastico, di diametro non inferiore a 60 mm, tenuto coassiale all'asta stessa mediante un anello di invito fissato alla piastra assestimetrica.

3.1.6.3 Installazione

Per la posa in opera della piastra si eseguirà uno scavo, sino a profondità di 1 m circa dal piano campagna; il fondo sarà livellato con sabbia compattata in modo da ottenere una superficie orizzontale. Su questa sarà poi posata la piastra. L'asta di misura avvitata alla piastra dovrà risultare perfettamente verticale. Attorno all'asta verrà posto il tubo di rivestimento che non dovrà poggiare sulla piastra.

A mano a mano che procederà la costruzione del rilevato si prolungherà l'asta di misura, avvitandovi tubi successivi da 1", e il rivestimento di protezione.

Per evitare possibili danneggiamenti causati dai mezzi di cantiere, il sistema asta di misura - rivestimento dovrà essere esternamente protetto con tubi prefabbricati in cemento, del diametro di 20"÷22"; l'intercapedine tra il tubo e il rivestimento di protezione dell'asta di misura dovrà essere riempita a mano.

L'asta di misura ed il rivestimento dovranno sporgere di poco dal piano campagna. Il rivestimento in sommità dovrà essere munito di un coperchio con lucchetto, a protezione dell'asta di misura. La testa dell'asta di misura dovrà sporgere dal rivestimento, una volta tolto il coperchio, per consentire le misure topo grafiche di controllo. Dopo l'installazione si eseguirà una misura topografica di controllo, a distanza di qualche giorno dalla posa, per determinare le quote di zero delle piastre.

I cedimenti verranno misurati con strumento ottico di precisione, con l'approssimazione di 1 mm, facendo riferimento a un caposaldo fisso.

3.1.6.4 Documentazione

La documentazione dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * descrizione del terreno sul piano di posa della piastra
- * caratteristiche e schema di installazione dell'assestimetro
- * quota assoluta della piastra e dell'estremità superiore del tubo di prolungamento
- * misura di zero della strumentazione installata

3.2 Letture e rilievi strumentali

3.2.1 Misura in piezometro a tubo aperto e in piezometro tipo Casagrande

3.2.1.1 Generalità

La lettura consiste nel rilievo della profondità della superficie piezometrica, mediante misurazione con apposita sondina elettrica (freatimetro), da eseguirsi all'interno di un piezometro a tubo aperto o in un piezometro tipo Casagrande installato in un foro di sondaggio verticale.

3.2.1.2 Caratteristiche della strumentazione

La strumentazione per la misura del livello o profondità della superficie piezometrica dovrà essere costituita da una sondina elettrica (freatimetro), costituita da un puntale metallico collegato ad un cavo metrato o ad un nastro centimetrato avvolto su di un rullo, in grado di segnalare, attraverso doppio segnale acustico e luminoso,

il raggiungimento del pelo libero dell'acqua nel tubo piezometrico. Il puntale o scandaglio dovrà essere costituito da materiale anticorrosivo e dovrà avere un diametro non superiore a 12 mm. Il cavo metrato (o nastro centimetrato) dovrà avere una lunghezza minima di 50 m e comunque non inferiore alla lunghezza del tubo piezometrico.

3.2.1.3 Modalità esecutive

Il rilievo della profondità del livello dell'acqua dovrà essere eseguito introducendo il puntale della sonda elettrica nel tubo piezometrico e rilevando la profondità alla quale si manifesta il segnale acustico e luminoso. Al fine di determinare con precisione tale livello, la misura dovrà essere ripetuta diverse volte sollevando e abbassando il puntale all'interno del tubo. La precisione richiesta per la misura è di ± 1 cm. Nel caso di piezometro tipo Casagrande, la misura del livello dovrà essere eseguita in entrambi i tubi.

3.2.1.4 Documentazione

La documentazione dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * ubicazione plano-altimetrica del piezometro;
- * tabella con le letture eseguite (profondità in m) e relativa data;
- * eventuali note e osservazioni.

3.2.2 Misura in piezometro BAT MKII

3.2.2.1 Generalità

La lettura consiste nella misura del segnale elettrico del trasduttore mediante una centralina portatile.

3.2.2.2 Caratteristiche della strumentazione di lettura

La strumentazione di lettura sarà composta da:

- centralina elettronica digitale dotata di sorgente per l'alimentazione elettrica dei sensori, con display digitale con indicazione in unità ingegneristiche;
- cavo di collegamento al terminale di misura.

3.2.2.3 Modalità esecutive

La misura dovrà essere effettuata solamente dopo la completa stabilizzazione della lettura indicata dal display digitale.

3.2.2.4 Documentazione

La documentazione dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * ubicazione plano-altimetrica del piezometro;
- * tabella con le letture eseguite e relativa data;
- * eventuali note e osservazioni.

3.2.3 Misura inclinometrica

3.2.3.1 Generalità

La misura inclinometrica viene effettuata introducendo in un tubo inclinometrico, installato in un foro di sondaggio verticale, una sonda inclinometrica che, dotata di sensori servoaccelerometrici di elevata precisione, consente di misurare l'inclinazione del tubo in corrispondenza di una determinata sezione e, attraverso misure ripetute nel tempo, consente di misurare lo spostamento orizzontale del terreno.

3.2.3.2 Caratteristiche della strumentazione

La strumentazione per le misure inclinometriche dovrà essere costituita da:

- * sonda inclinometrica biassiale, costituita da un corpo di acciaio inox munito di rotelle di guida con passo di 500 mm (intervallo di misura), dotata di appositi sensori servoaccelerometrici per la misura dell'inclinazione, con campo di misura di $\pm 30^\circ$, sensibilità non inferiore a $1/20.000$ sen α ($= 50 \mu\text{m/m}$) e assetto azimutale non superiore a 0.5° ; i servoaccelerometri sono disposti su due piani ortogonali tra loro, dei quali uno parallelo alle scanalature di guida e l'altro perpendicolare ad esse;
- * centralina portatile digitale, con appositi display per la lettura dei dati, eventualmente dotata di sistema di acquisizione;

- * cavo elettrico di collegamento tra la sonda inclinometrica e la centralina di misura, con tacche vulcanizzate ogni 0.5 m e lunghezza non inferiore a 50 m, con relativo rullo avvolgicavo; l'errore della metratura del cavo dovrà essere inferiore a 5 cm ogni 100 m e l'allungamento con carico di 20 kg inferiore allo 0.05%;
- * sonda testimone per il controllo dei tubi inclinometrici prima dell'inizio di una serie di misure, con relativo rullo avvolgicavo.

L'utilizzo di strumentazione con caratteristiche diverse da quelle sopra descritte dovrà essere subordinato a preventiva autorizzazione da parte della Direzione Lavori.

3.2.3.3 Modalità esecutive

La misura inclinometrica dovrà avvenire in risalita secondo le seguenti fasi:

- * inserimento della sonda inclinometrica nel tubo inclinometrico e abbassamento della stessa fino a fondo foro; la sonda dovrà essere fatta scorrere, durante il primo inserimento nel tubo, con la rotella di riferimento lungo una guida prestabilita, precedentemente contrassegnata da una tacca di riferimento a testa foro (guida 1);
- * attesa della completa stabilizzazione della sonda nei confronti della temperatura di fondo foro: i valori che appaiono sul display dovranno cioè risultare costanti;
- * inizio delle letture, che dovranno essere effettuate in risalita partendo dal basso ad intervalli di 0.5 m, attraverso la registrazione manuale o l'acquisizione diretta dei dati;
- * estrazione della sonda inclinometrica una volta arrivata in superficie, rotazione della stessa di 180° e nuovo inserimento della stessa nel tubo inclinometrico, con la rotella di riferimento nella guida 2 (opposta alla guida 1);
- * esecuzione delle letture in risalita, partendo sempre da fondo foro;
- * estrazione della sonda inclinometrica una volta arrivata in superficie, rotazione della stessa di 90° in senso orario rispetto alla guida 1 e nuovo inserimento della stessa nel tubo inclinometrico, con la rotella di riferimento nella guida 3;
- * esecuzione delle letture in risalita, partendo sempre da fondo foro;
- * estrazione della sonda inclinometrica una volta arrivata in superficie, rotazione della stessa di 180° e nuovo inserimento della stessa nel tubo inclinometrico, con la rotella di riferimento nella guida 4 (opposta alla guida 3);
- * esecuzione delle letture in risalita, partendo sempre da fondo foro.

3.2.3.4 Documentazione

La documentazione dovrà comprendere, per ogni misura:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
 - * tabulato con le letture di campagna;
 - * grafico della risultante dello spostamento per punti in funzione della profondità;
 - * grafico della sommatoria della risultante dello spostamento in funzione della profondità;
 - * grafico dell'azimut della risultante dello spostamento per punti in funzione della profondità;
 - * grafico dell'azimut della sommatoria della risultante in funzione della profondità;
 - * copia del certificato di taratura (sensibilità e assetto azimutale) della catena di misura (sonda inclinometrica, cavo e centralina) in data non antecedente di sei mesi la data della serie di misure.
- L'elaborazione delle misure, se non altrimenti specificato dalla Direzione Lavori, dovrà essere effettuata dal basso, cioè mantenendo come punto di riferimento fisso il punto di misura più profondo.

3.2.4 Misura assestometro magnetico profondo

3.2.4.1 Generalità

La misura degli assestimetri magnetici profondi viene eseguita introducendo all'interno del tubo guida la sonda di misura per la localizzazione dei punti assestimetrici magnetizzati che essendo solidali al terreno ne seguono i cedimenti.

Caratteristiche della strumentazione

La strumentazione per la misura della profondità dei sensori magnetici è costituita dalla sonda assestimetrica provvista di puntale rilevatore, bindella millimetrata e avvisatore acustico.

3.2.4.2 Modalità esecutive

La localizzazione dei sensori avviene calando all'interno del tubo guida la sonda di misura. All'attivazione del

segnale acustico con la bindella millimetrata viene misurata la profondità di ciascun sensore rispetto alla testa della tubazione. Facendo la differenza con la misura di zero è possibile ottenere il valore del cedimento del terreno relativo a ciascun sensore.

3.2.4.3 Documentazione

La documentazione dovrà comprendere, per ogni misura:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * tabulato con le letture di campagna;
- * tabulato riportante, per ciascun sensore, la differenza delle varie misure di esercizio rispetto alla misura di zero
- * grafico cedimenti/tempo relativo a ciascun sensore

3.2.5 Misura assestometro a piastra

3.2.5.1 Generalità

La misura degli assestimetri a piastra viene eseguita rilevando la quota assoluta della testa di riferimento rispetto a un punto fisso che non risente dei cedimenti della zona da monitorare.

3.2.5.2 Caratteristiche della strumentazione

Per l'effettuazione di tali misure viene utilizzato uno strumento ottico di precisione normalmente in uso per rilievi planoaltimetrici.

I cedimenti verranno misurati con, con l'approssimazione di 1 mm, facendo riferimento a un caposaldo fisso.

3.2.5.3 Modalità esecutive

Le misure vengono eseguite facendo riferimento a un caposaldo fisso, con la precisione di più o meno un millimetro.

3.2.5.4 Documentazione

La documentazione dovrà comprendere, per ogni misura:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * tabulato con le letture di campagna;
- * tabulato riportante, per ciascun assestometro a piastra, la differenza delle varie misure di esercizio rispetto alla misura di zero;
- * grafico cedimenti/tempo relativo a ciascun assestometro a piastra.

4. INDAGINI GEOFISICHE

4.1 Prospezioni sismiche

4.1.1 Indagine sismica a rifrazione ad onde di compressione (onde P)

4.1.1.1 Generalità

L'indagine sismica a rifrazione ad onde di compressione consiste nella energizzazione del sottosuolo e nella registrazione degli arrivi delle onde P rifratte in corrispondenza di geofoni verticali disposti secondo un allineamento con interassi tra i geofoni e lunghezza totale dello stendimento tali da permettere una adeguata profondità di indagine.

La misura dei tempi di arrivo delle onde P ai diversi geofoni permette di ricostruire l'andamento e la profondità del rifratore e permette anche di calcolare le caratteristiche elastiche dinamiche dei terreni e degli ammassi rocciosi investigati.

4.1.1.2 Normative e specifiche di riferimento

* ASTM D 5777 - 18 - Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation

4.1.1.3 Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- * sismografo a 24 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- * 24 geofoni verticali a frequenza propria variabile tra 8 e 14 Hz;
- * sistema di energizzazione adeguato alla profondità di indagine; potrà essere costituito da cannoncino sismico calibro 8 (equipaggiato ad es. con cartucce industriali a pallettoni di Pb ed in grado di fornire una velocità alla bocca di $400 \div 600$ m/s) oppure da cariche di esplosivo.

4.1.1.4 Modalità esecutive

La "copertura" dei tiri sulle basi sismiche dovrà essere tale da consentire una corretta e dettagliata ricostruzione del campo di velocità locale fino alle profondità stabilite dal progetto delle indagini o dalla Direzione Lavori ed in ogni caso non dovranno essere in numero inferiore a 5 dei quali 3 interni alla base e 2 esterni.

Nel caso in cui il rilievo debba interessare profondità superiori a $30 \div 50$ metri e sia prevista una elaborazione tomografica i "tiri" non dovranno essere inferiori a 7 per base sismica dei quali 5 interni e 2 esterni.

L'elaborazione dei dati dovrà essere realizzata mediante software ad elevata valenza diagnostica in grado di fornire i valori dei parametri di velocità, relativi ai rifrattori individuati, per ogni stazione geofonica (ad esempio software che utilizzi il metodo "GRM" - Generalized Reciprocal Method, Palmer '80).

4.1.1.5 Elaborazione tomografica dei dati

Se richiesto dal progetto delle indagini, l'elaborazione dovrà essere sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale dovrà fornire, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (Ray Tracing Curvilineo) e algoritmi di ricostruzione tomografica (ad esempio con l'impiego di algoritmi ART - Algebraic Reconstruction Technique, SIRT - Simultaneous Iterative Reconstruction Technique o ILST - Iterative Least Square Technique), il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, potranno avere dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) pari a, rispettivamente, $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

4.1.1.6 Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);

sismogrammi originali sia su supporto cartaceo che digitale;

profili sismostratigrafici in scala adeguata con indicati i valori delle velocità delle onde di compressione (V_P) calcolati per intervalli omogenei;

- elaborazione a isolinee o a campiture di colore delle velocità delle onde di compressione (V_P) in caso di elaborazione tomografica;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicate le

strumentazioni utilizzate, le metodologie operative, gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi, procedure applicate, le risultanze finali ed interpretative;

- documentazione fotografica.

4.1.1.7 Rilievo topografico del piano completo di prospezione sismica

Ad integrazione dell'indagine sismica dovrà essere eseguito un rilievo topografico comprendente la determinazione planoaltimetrica delle ubicazioni dei geofoni delle basi sismiche a rifrazione, riferita a punti notevoli o ad elementi cartografici noti dell'area interessata. Le coordinate del rilievo topografico dovranno essere inquadrare in un sistema di coordinate generale di progetto. Qualora quest'ultimo non risulti disponibile il suddetto rilievo sarà fornito in coordinate relative.

Tale rilievo dovrà essere corredato dai libretti di campagna dei rilievi ed informatizzazione dei dati nei formati digitali stabiliti dalla Direzione Lavori.

4.1.2 Indagine sismica a rifrazione ad onde di taglio (onde S)

4.1.2.1 Generalità

Consiste nella energizzazione del sottosuolo e nella registrazione degli arrivi delle onde di taglio (onde S) in corrispondenza di geofoni orizzontali, disposti secondo un allineamento con interassi tra i geofoni e lunghezza totale dello stendimento tali da permettere una adeguata profondità di indagine.

4.1.2.2 Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- * sismografo a 24 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- * 24 geofoni orizzontali a frequenza propria variabile tra 8 e 14 Hz;
- * sistema di energizzazione adeguato alla profondità e alla natura dell'indagine; potrà essere costituito da massa battente (mazza da 10 kg) agente lateralmente su un blocco adeguatamente ancorato al terreno, da cannoncino sismico calibro 8 (equipaggiato ad es. con cartucce industriali a pallettoni di Pb ed in grado di fornire una velocità alla bocca di $400 \div 600$ m/s) oppure da cariche di esplosivo.

4.1.2.3 Modalità esecutive

La "copertura" dei tiri sulle basi sismiche dovrà essere tale da consentire una corretta e dettagliata ricostruzione del campo di velocità locale fino alle profondità stabilite dalla DIREZIONE DEI LAVORI ed in ogni caso non dovranno essere in numero inferiore a 5 dei quali 3 interni alla base e 2 esterni.

Nel caso in cui il rilievo debba interessare profondità superiori a 30-50 metri e sia prevista una elaborazione tomografica i "tiri" non dovranno essere inferiori a 7 per base sismica dei quali 5 interni e 2 esterni.

L'elaborazione dei dati dovrà essere realizzata mediante software ad elevata valenza diagnostica in grado di fornire i valori dei parametri di velocità, relativi ai rifrattori individuati, per ogni stazione geofonica (ad esempio software che utilizzi il metodo "GRM" - Generalized Reciprocal Method, Palmer '80).

4.1.2.4 Elaborazione tomografica dei dati

Se richiesto dal progetto delle indagini, l'elaborazione dovrà essere sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale dovrà fornire, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (Ray Tracing Curvilineo) e algoritmi di ricostruzione tomografica (ad esempio con l'impiego di algoritmi ART - Algebraic Reconstruction Technique, SIRT - Simultaneous Iterative Reconstruction Technique o ILST - Iterative Least Square Technique), il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, potranno avere dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) pari a, rispettivamente, $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

4.1.2.5 Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi originali sia su supporto cartaceo che digitale;
- profili sismostratigrafici in scala adeguata con indicati i valori di velocità delle onde di taglio (V_s) calcolati per intervalli omogenei;

- elaborazione a isolinee o a campiture di colore delle velocità delle onde di taglio (V_s) in caso di elaborazione tomografica;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicate le strumentazioni utilizzate, le metodologie operative, gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi, procedure applicate, le risultanze finali ed interpretative;
- documentazione fotografica.

4.1.2.6 Rilievo topografico del piano completo di prospezione sismica

Ad integrazione dell'indagine sismica dovrà essere eseguito un rilievo topografico comprendente la determinazione planoaltimetrica delle ubicazioni dei geofoni delle basi sismiche a rifrazione, riferita a punti notevoli o ad elementi cartografici noti dell'area interessata. Le coordinate del rilievo topografico, dovranno essere inquadrare in un sistema di coordinate generale di progetto. Qualora quest'ultimo non risulti disponibile il suddetto rilievo sarà fornito in coordinate relative.

Tale rilievo dovrà essere corredato dai libretti di campagna dei rilievi ed informatizzazione dei dati nei formati digitali stabiliti dalla DIREZIONE DEI LAVORI

4.1.3 Analisi della attenuazione anelastica e determinazione del Fattore Qualità

4.1.3.1 Generalità

Consiste in una elaborazione dei dati ottenuti da prospezioni sismiche a rifrazione ad onde di compressione (onde P) e onde di taglio (onde S) in grado di determinare i parametri di Attenuazione Anelastica e Fattore Qualità dei terreni o degli ammassi rocciosi investigati.

L'elaborazione dei dati dovrà essere realizzata mediante software ad elevata valenza diagnostica in grado di fornire i valori dei parametri di Attenuazione e Fattore Qualità, relativi ai rifrattori individuati e per ogni stazione geofonica utilizzando l'algoritmo del "Rapporto Spettrale".

4.1.3.2 Elaborazione tomografica dei dati

Se richiesto dal progetto delle indagini, l'elaborazione dovrà essere sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale dovrà fornire, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (Ray Tracing Curvilineo) e algoritmi di ricostruzione tomografica (ad esempio con l'impiego di algoritmi ART - Algebraic Reconstruction Technique, SIRT - Simultaneous Iterative Reconstruction Technique o ILST - Iterative Least Square Technique), il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, potranno avere dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) pari a, rispettivamente, $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

4.1.3.3 Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * profili sismostratigrafici in scala adeguata con indicati i parametri dei Fattori Qualità calcolati per intervalli omogenei;
- * elaborazione a isolinee o a campiture di colore in caso di elaborazione tomografica;
- * relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati:
- * gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi;
- * la caratterizzazione su base geofisica ottenuta da correlazione delle risultanze delle analisi ad onde di compressione (V_p) e o taglio (V_s) e Attenuazione onde di compressione (α_p) e di taglio (α_s) e Fattore Qualità delle onde di compressione (Q_p) e delle onde di taglio (Q_s);
- * le risultanze finali ed interpretative.

4.1.4 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

4.1.4.1 Generalità

Il metodo MASW è una tecnica che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s . Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

4.1.4.2 Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- * sismografo a 24 canali con registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
 - * 24 geofoni orizzontali a bassa frequenza, tipicamente uguale a 4.5 Hz;
- sistema di energizzazione adeguato alla profondità e alla natura dell'indagine che, per la natura delle indagini, potrà essere costituito da massa battente (10-40kg) agente lateralmente su un blocco adeguatamente ancorato al terreno.

4.1.4.3 Modalità esecutive

La "copertura" dei tiri sulle basi sismiche dovrà essere tale da consentire una corretta e dettagliata ricostruzione del campo di velocità locale fino alle profondità stabilite dalla Direzione Lavori, i.e.: utilizzo di uno streamer di 24 geofoni con interasse 2m ed energizzazione mediante massa battente ogni 40-50m circa.

L'elaborazione dei dati dovrà essere realizzata mediante software ad elevata valenza diagnostica in grado di fornire i valori dei parametri di velocità, relativi ai rifrattori individuati, per ogni stazione geofonica (ad esempio software che utilizzi il metodo "GRM" - Generalized Reciprocal Method, Palmer '80).

4.1.4.4 Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi originali sia su supporto cartaceo che digitale;
- profili sismostratigrafici in scala adeguata con indicati i valori di velocità delle onde di taglio (V_s) calcolati per intervalli omogenei;
- elaborazione a isolinee o a campiture di colore delle velocità delle onde di taglio (V_s) in caso di elaborazione tomografica;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicate le strumentazioni utilizzate, le metodologie operative, gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi, procedure applicate, le risultanze finali ed interpretative;
- documentazione fotografica.

4.1.5 Indagine sismica a riflessione

4.1.5.1 Generalità

L'indagine sismica a riflessione consiste nella energizzazione del sottosuolo e nella registrazione degli arrivi delle onde di compressione (onde P) riflesse, in corrispondenza di geofoni verticali disposti secondo un allineamento con interassi tra i geofoni e lunghezza totale dello stendimento tali da permettere una adeguata profondità di indagine.

La misura dei tempi di arrivo delle onde P ai diversi geofoni permette di ricostruire l'andamento e la profondità delle diverse discontinuità sismiche che costituiscono delle superfici riflettenti.

4.1.5.2 Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- * sismografo a 24 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- * 24 geofoni verticali a frequenza propria variabile tra 25 e 100 Hz;
- * sistema di energizzazione adeguato alla profondità di indagine; potrà essere costituito da cannoncino sismico calibro 8 (equipaggiato ad es. con cartucce industriali a pallettoni di Pb ed in grado di fornire una velocità alla bocca di $400 \div 600$ m/s) oppure da cariche di esplosivo.

4.1.5.3 Modalità esecutive

L'indagine e l'elaborazione dei dati dovranno garantire una molteplicità di copertura minima del 1200%.

L'insieme dei dati acquisiti dovrà essere organicamente elaborato, mediante software dotati di alta valenza risolutiva, attuando nel modo più rigoroso le fasi sequenziali del procedimento analitico.

- 1) Correzioni statiche
- 2) Muting
- 3) Analisi spettrale

- 4) Filtraggi sia nel dominio dei tempi che in quello delle frequenze con filtri variabili
- 5) FK filter sia in velocità che polinomiali
- 6) Analisi di velocità (Normal Move Out)
- 7) Deconvoluzione
- 8) Stacking
- 9) Correzioni statiche residue
- 10) Migrazione

4.1.5.4 Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * sismogrammi in originale su supporto magnetico o disco ottico delle registrazioni di campagna;
- * sismosezioni dei tempi (ms) in ordinate e delle distanze (m) in ascisse della elaborazione finale di ogni linea sismica a riflessione;
- * sismosezioni delle profondità (m) in ordinate e delle distanze (m) in ascisse della elaborazione finale di ogni linea sismica a riflessione;
- * relazione conclusiva con indicate le metodologie impiegate, gli algoritmi e i criteri di calcolo ed elaborazione adottati con commenti sulle risultanze ottenute e correlazione con le informazioni di natura geologica dell'area in esame;
- documentazione fotografica.

4.1.5.5 Rilievo topografico del piano completo di prospezione sismica

Ad integrazione dell'indagine sismica dovrà essere eseguito un rilievo topografico comprendente la determinazione planoaltimetrica delle ubicazioni dei geofoni delle basi sismiche a riflessione, riferita a punti notevoli o ad elementi cartografici noti dell'area interessata. Le coordinate del rilievo topografico dovranno essere inquadrare in un sistema di coordinate generale di progetto. Qualora quest'ultimo non risulti disponibile il suddetto rilievo sarà fornito in coordinate relative.

Tale rilievo dovrà essere corredato dai libretti di campagna dei rilievi ed informatizzazione dei dati nei formati digitali stabiliti dalla Direzione Lavori.

4.1.6 Prospezione sismica in foro di sondaggio (Down-Hole)

4.1.6.1 Generalità

La prova consiste nella misurazione dei tempi di arrivo di impulsi sismici generati in superficie ad uno o più ricevitori posti all'interno di un foro di sondaggio verticale, adeguatamente rivestito con apposita tubazione.

La prova consente la misura diretta delle velocità di propagazione V_P delle onde di compressione (onde P) e V_S delle onde di taglio (onde S) e la determinazione dei parametri elastici dei terreni in condizioni dinamiche.

Nello specifico si prescrive l'utilizzo di una sonda in foro con *doppio ricevitore* poiché l'utilizzo di due ricevitori permette di applicare una "correlazione incrociata" e ricavare il tempo che il treno di onde impiega per percorrere la distanza fra i due ricevitori rendendo la misura più affidabile e indipendente dalla soggettività dell'operatore.

4.1.6.2 Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- * tubazione con sezione circolare in PVC o ABS, con spessore > 3 mm e diametro interno compreso fra 75 e 100 mm, in spezzoni di 3 metri da assemblare mediante filettatura M/F oppure mediante manicotti di giunzione;
- * sistema di energizzazione costituito da una massa battente manovrata a mano (mazza da 10 kg), agente a percussione in diverse direzioni su un massello di legno o calcestruzzo, ben saldato al terreno e posto nelle adiacenze della testa foro; potranno essere utilizzati anche un percussore oleodinamico agente all'interno di una piccola cassaforma interrata, oppure altri dispositivi concordati con la Direzione Lavori; è onere e responsabilità dell'Appaltatore dimensionare correttamente il sistema di energizzazione, in funzione della natura e delle caratteristiche dei terreni, che sono da considerarsi noti, in quanto le misure sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono le stesse; la sorgente di energia

superficiale dovrà essere collocata ad una distanza adeguata dalla bocca del foro in funzione della migliore risoluzione dell'indagine stessa;

- * se richiesto dalla Direzione Lavori, nelle adiacenze della testa del foro, si dovrà realizzare un cubo in calcestruzzo di lato 50 cm, inserito nel terreno per 20 cm e reso ben solidale con il medesimo; il cubo deve, a presa ed indurimento avvenuti, essere resistente alla percussione manuale con mazza da 10 kg e deve essere privo di lesioni, fratture, fessure da ritiro; in alternativa al cubo, sempre se richiesto, dovrà essere realizzato un alloggiamento interrato in cls per l'uso di un percussore idraulico;
- * geofono da foro tridimensionale, a frequenza compresa fra 8 e 14 Hz, e di diametro minore o uguale a 70 mm, da calare nel foro a profondità prefissate, in grado di registrare i tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio; il ricevitore deve potere essere reso solidale con la tubazione di rivestimento del foro tramite un dispositivo di bloccaggio meccanico o pneumatico. Nello specifico per l'esecuzione della prova è prescritto l'utilizzo di un doppio ricevitore mediante il bloccaggio in foro di una sonda provvista di due geofoni tridimensionali posti ad interasse predeterminato (0.5-1.0 m) con identiche caratteristiche tecniche, in particolare di risposta in frequenza;
- * sismografo registratore a 12 canali, in grado di realizzare campionature di segnali tra 0.025 e 2 millisecondi e dotato di filtri high pass, band pass e band reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitori A/D del segnale campionato ad almeno 16 bit;
- * apposito software per l'elaborazione dei dati, in grado di fornire i valori di velocità delle onde di compressione e di taglio per ogni stazione di misura impiegando interattivamente algoritmi di calcolo adeguati (es. ART, SIRT, e ILSP) previo controllo dei tragitti dei raggi sismici (Ray Tracing Curvilineo).

4.1.6.3 Controlli preliminari

In cantiere, prima dell'installazione, dovrà essere controllato quanto segue:

- * i tubi e i manicotti non devono avere lesioni o schiacciature dovute al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- * le estremità dei tubi e dei manicotti non dovranno avere sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi;
- * l'efficienza dell'eventuale tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della tubazione;
- * la composizione della miscela di cementazione che dovrà essere costituita da acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;
- * gli utensili per l'installazione ed in particolare l'efficienza della morsa di sostegno.

4.1.6.4 Installazione della tubazione di guida e rivestimento

La perforazione deve essere condotta con circolazione di fanghi e con modalità esecutive tali da evitare scavamenti e riflussi.

In generale il foro deve essere rivestito con rivestimento metallico provvisorio. Tale rivestimento dovrà avere un unico diametro in modo che il foro abbia diametro costante per tutta l'altezza. Ove ciò fosse impossibile a causa della profondità del foro un secondo rivestimento telescopico al primo potrà essere utilizzato. Il rivestimento metallico provvisorio deve essere installato in modo da consentire la sua estrazione senza l'aiuto della rotazione.

La posa in opera della tubazione di prova dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità:

- * lavaggio accurato con acqua pulita del foro di sondaggio;
- * preassemblaggio dei tubi in spezzoni di 6 m. La realizzazione dei giunti dovrà avvenire nel modo seguente:
- * montaggio del tappo di fondo sul primo spezzone di tubo e fissaggio dell'estremità inferiore del tubo per l'iniezione della miscela cementizia; nel caso in cui il tappo di fondo sia provvisto di apposita valvola unidirezionale per l'iniezione della miscela tale operazione non sarà necessaria;
- * inserimento del primo spezzone di tubo nel foro (in terreni sotto falda riempire il tubo di acqua per contrastare la spinta di Archimede e favorirne l'affondamento);
- * bloccaggio del tubo mediante apposita morsa, in modo che dal foro fuoriescano circa 40 ÷ 50 cm di tubo;
- * inserimento dello spezzone successivo; incollaggio e sigillatura del giunto con mastice e nastro adesivo;
- * allentamento della morsa per permettere di calare il tubo nel foro (riempiendolo d'acqua se necessario) fissando nel contempo il tubo di iniezione;

- * bloccaggio del tubo con la morsa, in modo che dal foro fuoriescano circa 40 ÷ 50 cm di tubo;
- * prosecuzione delle operazioni descritte fino al completamento della colonna, annotando la lunghezza dei tratti di tubo;
- * cementazione del tubo, da eseguire a bassa pressione (200 kPa) attraverso il tubo di iniezione o attraverso la valvola di fondo, osservando la risalita della miscela cementizia all'esterno del tubo; il rivestimento di perforazione dovrà essere estratto, operando solo a trazione e senza rotazione, non appena la miscela appare in superficie; nella fase di estrazione del rivestimento il rabbocco della miscela potrà essere eseguito da testa foro, per mantenere il livello costante a p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi; nella fase finale della cementazione, ove siano presenti al piano di campagna pavimentazioni o fondazioni rigide, si provvederà a sostituire la miscela cementizia con sabbia sciolta attorno alla tubazione.
- * accurato lavaggio con acqua pulita dell'interno del tubo mediante attrezzo a fori radiali;
- * dopo il lavaggio ed a presa avviata, verifica della continuità e dell'integrità della tubazione calando sul fondo e ritirando un attrezzo di dimensioni analoghe al geofono;
- * installazione a testa foro di un chiusino di protezione in acciaio verniciato; il chiusino di protezione, di diametro interno minimo di 120 mm, dovrà sporgere di almeno 15 cm dalla sommità del tubo e dovrà aver una lunghezza di almeno 1 m; il chiusino dovrà essere provvisto di un coperchio con chiusura antigelo, di lucchetto e chiavi che dovranno essere consegnate alla Direzione Lavori.

4.1.6.5 Modalità esecutive

Le modalità di esecuzione della prova dovranno essere le seguenti:

- * posizionamento e bloccaggio del/i ricevitore/i in corrispondenza del primo punto di prova, in accordo con il progetto delle indagini;
- * generazione dell'impulso (è ammessa anche la somma di più impulsi) e registrazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione e delle onde di taglio;
- * ripetizione delle medesime operazioni lungo tutta la verticale d'indagine.

Le misure saranno relative all'intervallo di profondità e avranno frequenza non inferiore a 1 misura ogni metro di sondaggio.

4.1.6.6 Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * le modalità esecutive del foro;
- * lo schema geometrico di ogni tubazione installata;
- * la quota assoluta o relativa della testa della tubazione di misura;
- * le caratteristiche della tubazione installata;
- * modalità di iniezione, quantità e composizione della miscela iniettata nell'intercapedine;
- * sismogrammi in originale delle registrazioni di campagna su supporto magnetico;
- * relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati:
 - * gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi;
 - * diagrafie riportanti:
 - * stratigrafia del sondaggio;
 - * tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio;
 - * velocità delle onde di compressione e di taglio per ogni stazione;
 - * velocità intervallari delle onde di compressione e di taglio;
 - * attenuazione e fattore qualità;
 - * coefficiente di Poisson dinamico;
 - * modulo di elasticità dinamico;
 - * modulo di taglio dinamico;
 - * modulo di compressibilità dinamico;
 - * tracce sismografiche onde di compressione;
 - * tracce sismografiche onde di taglio;
 - * risultanze finali ed interpretative.

4.1.7 Prospezione sismica tra fori di sondaggio (Cross-Hole)

4.1.7.1 Generalità

La prova consiste nella misurazione dei tempi di arrivo di impulsi sismici generati in profondità all'interno di un foro di sondaggio verticale ad uno o più ricevitori posti all'interno di altrettanti fori di sondaggio verticali. I fori, paralleli e adeguatamente rivestiti con apposita tubazione, dovranno essere ad una distanza reciproca compresa tra 5 e 20 m.

La prova consente la misura diretta delle velocità di propagazione V_P delle onde di compressione (onde P) e V_S delle onde di taglio (onde S) e la determinazione dei parametri elastici dei terreni in condizioni dinamiche.

Nello specifico si prescrive per l'esecuzione della prova l'uso di almeno N. 3 fori di sondaggio verticali allo scopo di liberare la misura dei tempi di arrivo del segnale dagli errori legati al trigger, in particolare con sorgente sismica nel foro 1 e ricevitori installati nei fori 2 e 3 allineati in pianta con il foro 1. La perturbazione sarà generata dalla sorgente installata nel foro 1 posizionata alla stessa profondità dei ricevitori installati nei fori 2 e 3.

4.1.7.2 Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- * tubazione con sezione circolare in PVC o ABS, con spessore > 3 mm e diametro interno compreso fra 90 e 100 mm, in spezzoni di 3 metri da assemblare mediante filettatura M/F oppure mediante manicotti di giunzione;
- * sistema di energizzazione costituito da cannoncino sismico fondo foro, microcariche di esplosivo o da capsule detonanti oppure da un generatore elettrodinamico, in grado di fornire energia in quantità sufficiente alla generazione di impulsi in modo che risultino leggibili; è onere e responsabilità dell'Appaltatore dimensionare correttamente il sistema di energizzazione, in funzione della natura e delle caratteristiche dei terreni e che sono da considerarsi noti, in quanto le misure sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono le stesse;
- * geofono da foro tridimensionale, a frequenza compresa fra 8 e 14 Hz, di diametro minore o uguale a 70 mm, da calare nel foro a profondità prefissate, in grado di registrare i tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio; il ricevitore deve potere essere reso solidale con la tubazione di rivestimento del foro tramite un dispositivo di bloccaggio meccanico o pneumatico;
- * sismografo registratore a 12 canali, in grado di realizzare campionature di segnali tra 0.025 e 2 milisecondi e dotato di filtri high pass, band pass e band reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitori A/D del segnale campionato ad almeno 16 bit;
- * apposito software per l'elaborazione dei dati, in grado di fornire i valori di velocità delle onde di compressione e di taglio per ogni stazione di misura impiegando iterativamente algoritmi di calcolo adeguati (es. ART, SIRT, e ILSP), previo controllo dei tragitti dei raggi sismici (Ray Tracing Curvilineo).

4.1.7.3 Controlli preliminari

In cantiere, prima dell'installazione, dovrà essere controllato quanto segue:

- * i tubi e i manicotti non devono avere lesioni o schiacciature dovute al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- * le estremità dei tubi e dei manicotti non dovranno avere sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi;
- * l'efficienza dell'eventuale tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della tubazione;
- * la composizione della miscela di cementazione dovrà essere costituita da acqua, cemento e bentonite in proporzioni idonee a garantire la trasmissione dell'onda senza significative attenuazioni ed evitare marcati contrasti di impedenza (proporzioni *standard* della miscela di cementazione acqua, cemento bentonite rispettivamente di 100, 30 e 5 parti in peso);
- * gli utensili per l'installazione ed in particolare l'efficienza della morsa di sostegno.

4.1.7.4 Installazione della tubazione di guida e rivestimento

La perforazione deve essere condotta con circolazione di fanghi e con modalità esecutive tali da evitare scavarnamenti e rifluimenti.

In generale il foro deve essere rivestito con rivestimento metallico provvisorio. Tale rivestimento dovrà avere un unico diametro in modo che il foro abbia diametro costante per tutta l'altezza. Ove ciò fosse impossibile a causa della profondità del foro un secondo rivestimento telescopico al primo potrà essere utilizzato, a condizione che questa procedura venga ripetuta anche nell'altro (o negli altri) fori adiacenti. Il rivestimento metallico provvisorio deve essere installato in modo da consentire la sua estrazione senza l'aiuto della rotazione.

La posa in opera della tubazione di prova dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità:

- * lavaggio accurato con acqua pulita del foro di sondaggio;
- * preassemblaggio dei tubi in spezzoni di 6 m. La realizzazione dei giunti dovrà avvenire nel modo seguente:
- * montaggio del tappo di fondo sul primo spezzone di tubo e fissaggio dell'estremità inferiore del tubo per l'iniezione della miscela cementizia; nel caso in cui il tappo di fondo sia provvisto di apposita valvola unidirezionale per l'iniezione della miscela tale operazione non sarà necessaria;
- * inserimento del primo spezzone di tubo nel foro (in terreni sottofalda riempire il tubo di acqua per contrastare la spinta di Archimede e favorirne l'affondamento);
- * bloccaggio del tubo mediante apposita morsa, in modo che dal foro fuoriescano circa 40 ÷ 50 cm di tubo;
- * inserimento dello spezzone successivo; incollaggio e sigillatura del giunto con mastice e nastro adesivo;
- * allentamento della morsa per permettere di calare il tubo nel foro (riempiendolo d'acqua se necessario) fissando allo stesso tempo il tubo di iniezione;
- * bloccaggio del tubo con la morsa, in modo che dal foro fuoriescano circa 40 ÷ 50 cm di tubo;
- * prosecuzione delle operazioni descritte fino al completamento della colonna, annotando la lunghezza dei tratti di tubo;
- * cementazione del tubo, da eseguire a bassa pressione (200 kPa) attraverso il tubo di iniezione o attraverso la valvola di fondo, osservando la risalita della miscela cementizia all'esterno del tubo; il rivestimento di perforazione dovrà essere estratto, operando solo a trazione e senza rotazione, non appena la miscela appare in superficie; nella fase di estrazione del rivestimento il rabbocco della miscela potrà essere eseguito da testa foro, per mantenere il livello costante a p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi; nella fase finale della cementazione, ove siano presenti al piano di campagna pavimentazioni o fondazioni rigide, si provvederà a sostituire la miscela cementizia con sabbia sciolta attorno alla tubazione.
- * accurato lavaggio con acqua pulita dell'interno del tubo mediante attrezzo a fori radiali;
- * dopo il lavaggio ed a presa avviata, verifica della continuità e dell'integrità della tubazione calando sul fondo e ritirando un attrezzo di dimensioni analoghe al geofono;
- * installazione a testa foro di un chiusino di protezione in acciaio verniciato; il chiusino di protezione, di diametro interno minimo di 120 mm, dovrà sporgere di almeno 15 cm dalla sommità del tubo e dovrà aver una lunghezza di almeno 1 m; il chiusino dovrà essere provvisto di un coperchio con chiusura antigelo, di lucchetto e chiavi che dovranno essere consegnate alla Direzione Lavori.

4.1.7.5 Controllo della Verticalità

Al termine dell'installazione delle tubazioni per le misure, deve esserne verificata la verticalità, in modo da conoscere la distanza fra i fori alle varie profondità.

Per queste misure verrà utilizzata una sonda inclinometrica con 2 sensori ortogonali con sensibilità superiore a 0.07 gradi. La sonda sarà del tipo a controllo azimutale o sarà calata con aste con connessione a baionetta, in grado di evitare modifiche dell'orientazione azimutale della sonda per l'intera profondità. Le misure verranno effettuate ogni 1 ÷ 2 m e la loro restituzione grafica, che evidenzia la distanza in ogni punto della coppia di fori cross-hole, farà parte integrante della documentazione.

4.1.7.6 Modalità esecutive

Le modalità di esecuzione della prova dovranno essere le seguenti:

- * posizionamento e bloccaggio di sorgente (in un foro) e ricevitore (nell'altro foro) in corrispondenza della prima coppia di posizioni coniugate, in accordo con il progetto delle indagini; sorgente e ricevitore dovranno essere posizionati alla medesima profondità, in modo da realizzare un percorso delle onde orizzontale;
- * generazione dell'impulso (è ammessa anche la somma di più impulsi) e registrazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione e delle onde di taglio;

* ripetizione delle medesime operazioni per ciascuna coppia di punti coniugati lungo le due verticali d'indagine.

Le misure saranno relative all'intervallo di profondità e avranno frequenza non inferiore a 1 misura ogni metro.

4.1.7.7 Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * le modalità esecutive del foro;
- * lo schema geometrico di ogni tubazione installata;
- * la quota assoluta o relativa della testa della tubazione di misura;
- * le caratteristiche della tubazione installata;
- * modalità di iniezione, quantità e composizione della miscela iniettata nell'intercapedine;
- * grafici e tabulati del rilievo della verticalità presentati in modo che risulti facilmente determinabile la distanza fra i fori alle diverse profondità;
- * sismogrammi in originale delle registrazioni di campagna su supporto magnetico;
- * relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati:
 - * gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi;
 - * diagrafie riportanti:
 - * stratigrafie dei sondaggi;
 - * tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio;
 - * velocità delle onde di compressione e di taglio per ogni stazione;
 - * coefficiente di Poisson dinamico;
 - * modulo di elasticità dinamico;
 - * modulo di taglio dinamico;
 - * modulo di compressibilità dinamico;
 - * tracce sismografiche onde di compressione;
 - * tracce sismografiche onde di taglio;
 - * misure inclinometriche;
 - * risultanze finali ed interpretative.

4.1.8 Prospezione geotomografica

4.1.8.1 Generalità

Nella prospezione sismica geotomografica, eseguita in corrispondenza di una sezione delimitata da due superfici comunque inclinate (costituite ad es. da due fori di sondaggio oppure dalla superficie topografica e un foro di sondaggio), l'energizzazione viene ripetuta ad intervalli costanti in corrispondenza di una delle due superfici, in modo da ottenere una fitta rete di percorsi sismici e quindi una mappa della distribuzione delle velocità sismiche nella sezione indagata.

4.1.8.2 Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- * sismografo a 12 o 24 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- * geofoni di superficie o da foro (idrofon), a frequenza propria variabile tra 8 e 14 Hz;
- * sistema di energizzazione adeguato all'indagine; potrà essere costituito cannoncino sismico calibro 8 (equipaggiato ad es. con cartucce industriali a pallettoni di Pb ed in grado di fornire una velocità alla bocca di $400 \div 600$ m/s) oppure da cariche di esplosivo.

4.1.8.3 Modalità esecutive

L'esecuzione dell'indagine consiste nell'utilizzo di una stringa di geofoni se in superficie o idrofon se in foro a frequenza compresa tra 8 e 14 Hz, a distanza prefissata.

L'energizzazione verrà effettuata o in foro oppure in superficie ed il posizionamento dei punti di energizzazione dovrà essere in numero uguale o maggiore del numero dei sensori impiegati in modo da ottenere un reticolo

di analisi adeguato agli scopi della ricerca ed in ogni caso concordati con la DIREZIONE DEI LAVORI. L'energizzazione inoltre dovrà essere adeguata alle distanze tra le sorgenti ed i ricevitori ed alla risoluzione richiesta.

4.1.8.4 Installazione delle tubazioni

Vale quanto riportato per le prospezioni sismiche tra fori di sondaggio (Cross-Hole).

4.1.8.5 Elaborazione dei dati

L'elaborazione dovrà essere sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale dovrà fornire, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (Ray Tracing Curvilineo) e algoritmi di ricostruzione tomografica (ad esempio con l'impiego di algoritmi ART - Algebraic Reconstruction Technique, SIRT - Simultaneous Iterative Reconstruction Technique o ILST - Iterative Least Square Technique), il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, potranno avere dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) pari a, rispettivamente, $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

4.1.8.6 Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * sismogrammi originali su supporto magnetico;
- * mappature in tonalità di colore relative alla sezione tomografica in termini di ray tracing, di densità dei dati e di velocità delle onde di compressione (VP);
- * tabelle con i parametri di input e calcolati;
- * relazione in cui vengono riportate le metodologie di indagine, gli algoritmi impiegati, le analisi realizzate e le risultanze dell'analisi.

4.1.8.7 Rilievo topografico del piano completo di prospezione sismica

Ad integrazione dell'indagine sismica dovrà essere eseguito un rilievo topografico comprendente la determinazione planoaltimetrica delle ubicazioni dei geofoni delle basi sismiche a rifrazione, riferita a punti notevoli o ad elementi cartografici noti dell'area interessata. Le coordinate del rilievo topografico dovranno essere inquadrare in un sistema di coordinate generale di progetto. Qualora non risulti disponibile il suddetto rilievo sarà fornito in coordinate relative.

Tale rilievo dovrà essere corredato dai libretti di campagna dei rilievi ed informatizzazione dei dati nei formati digitali stabiliti dalla DIREZIONE DEI LAVORI.

4.2 Prospezioni elettriche

4.2.1 Sondaggio elettrico verticale (SEV)

4.2.1.1 Generalità

L'indagine geoelettrica consiste nell'immettere una corrente continua nel terreno tramite due elettrodi A e B (AB = dipolo di corrente o di intensità) e nel misurare la caduta di potenziale, dovuta alla resistenza del terreno al passaggio della corrente elettrica, in corrispondenza di due elettrodi M ed N (MN = dipolo di misura o di potenziale). Attraverso la determinazione della resistività del terreno, l'indagine consente di ricostruire indirettamente il profilo litostratigrafico del terreno.

Gli elettrodi saranno allineati (M ed N in posizione interna, A e B esterni) e simmetricamente disposti rispetto ad un centro.

Nella configurazione Schlumberger, gli elettrodi di tensione M ed N dovranno essere mantenuti ad una distanza fissa, mentre gli elettrodi di corrente A e B dovranno essere allontanati progressivamente di una certa distanza dal centro geometrico dello stendimento.

Nella configurazione Wenner, i quattro elettrodi dovranno essere tra loro equidistanti; dopo ogni misura, l'equidistanza verrà aumentata.

Nella configurazione dipolo-dipolo gli elettrodi dovranno costituire due coppie separate (AB ed MN) che verranno reciprocamente allontanate tra loro.

4.2.1.2 Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- * georesistivimetro con millivoltmetro (sensibilità massima 0.1 mV), circuito di azzeramento dei potenziali spontanei e milliamperometro con scala 1 mA - 2 A (sensibilità 0.1 mA);
- * generatore di potenza sufficiente all'indagine;
- * batteria di energizzazione con pile a secco;
- * cavi elettrici ad alto isolamento montati su rulli spalleggiabili;
- * elettrodi di corrente in acciaio;
- * elettrodi di tensione impolarizzabili, in rame o ceramica;
- * apparecchi di ricetrasmisione;
- * cavi di collegamento ed accessori.

4.2.1.3 Modalità esecutive

Le esatte modalità di configurazione in fase di prova saranno in ogni caso preventivamente concordate con la Direzione Lavori, comunque dovranno essere eseguite un minimo di 8 misure per modulo logaritmico.

In caso di acqua di falda affiorante o subaffiorante, se ne preleveranno alcuni campioni per la definizione in sito della conducibilità. Prima di ogni misura dovrà inoltre essere verificato il valore della resistenza di contatto con il terreno per gli elettrodi AB; si verificherà anche l'eventuale dispersione dei cavi, misurata applicando tensione agli stessi a circuito aperto.

Il valore della differenza di potenziale tra gli elettrodi MN prima della prova dovrà essere verificato e dovrà risultare pari a zero.

4.2.1.4 Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * cartografia di base in scala adeguata con ubicazione delle prove eseguite e dei centri di misura, con indicazione degli azimut e della quota dei centri di misura;
- * tabulazione dei valori di resistività apparente misurati;
- * curve di resistività apparente in grafici bilogaritmici;
- * copia di tutti i dati raccolti in campagna;
- * relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative, dei metodi di interpretazione e comprensiva della resistività elettrica alle diverse profondità e delle unità elettrostratigrafiche evidenziate.

4.2.2 Tomografia elettrica

4.2.2.1 Generalità

Questo tipo di indagine, eseguita con diverse configurazioni (Wenner, dipolo-dipolo o Schlumberger), può essere utilizzata con successo nella definizione della geometria e dello spessore di strutture sepolte a piccola profondità come ad es. plinti di fondazione; volta per volta verrà definita la profondità dell'indagine e quindi le caratteristiche delle geometrie impiegate.

4.2.2.2 Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- * strumentazione di acquisizione multicanale (fino a 254) e che dovrà eseguire in automatico le seguenti operazioni:
 - cancellazione automatica dei potenziali spontanei;
 - sommatoria automatica del segnale ("stacking") programmabile;
 - possibilità di impostare "finestre" di misura;
 - risoluzione di misura fino a 30 nV.
- * elettrodi definiti "intelligenti", dotati, cioè, di elettronica interna (smart electrodes), montati permanentemente sul cavo elettrico;
- * cavi di collegamento vari ed accessori.

4.2.2.3 Modalità esecutive

Le esatte modalità di configurazione in fase di prova saranno preventivamente concordate con la Direzione Lavori.

In ogni caso la tomografia elettrica potrà essere eseguita con una configurazione Wenner, dipolo-dipolo o Schlumberger, dovranno comunque essere utilizzati stendimenti base composti da 56 elettrodi ubicati ad intervallo regolare lungo il profilo da, con passo di 2,5 metri, 5 metri e 10 metri, per uno sviluppo rispettivamente di 3.000, 5.500 ed 8.000 metri lineari.

In relazione al dettaglio richiesto ed alla profondità di indagine potranno variare sia la spaziatura degli elettrodi che la dimensione finale dello stendimento di base, quest'ultimo fino ad un massimo di 12 metri.

La suddetta strumentazione di acquisizione dovrà essere in grado di gestire, acquisire e memorizzare automaticamente le misure, tramite opportuno software, e sarà costituita da tre elementi principali: unità di controllo, sistema automatico di commutazione degli elettrodi, set di cavi multicanale con elettrodi dotati di elettronica interna (smart electrodes).

Il ricoprimento tra due basi contigue verrà acquisito secondo la modalità del "roll along", ripetute secondo passo regolare con spostamenti successivi dello stendimento principale e sarà definito dalla profondità d'indagine richiesta, secondo il rapporto $AB / Pf = 6$.

Ove non sia disponibile adeguata cartografia di base (Scala 1:2.000, 1:5.000), la posizione degli elettrodi dovrà essere oggetto di adeguato rilievo planoaltimetrico.

L'elaborazione dei dati seguirà due fasi successive:

- ricostruzione di "pseudosezioni" di resistività tramite l'utilizzo di software di definizione delle linee di contorno ("countouring") tipo Surfer;
- inversione mono e bidimensionale per lo sviluppo di un adeguato modello di distribuzione della resistività del sottosuolo; il software d'inversione dovrà essere in grado di applicare l'eventuale correzione topografica (tipo RES2D inv).

4.2.2.4 Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- planimetrie in scala 1:2.000, 1:5.000 con ubicazione di tutte le stazioni e stese elettriche;
- listati di: voltaggio, corrente, deviazione standard e resistività apparente, per ogni singola misura;
- pseudosezioni di resistività per ogni base unitaria;
- copia dei rapporti giornalieri delle operazioni di campagna;
- risultati dell'inversione e modellizzazione dei dati unitamente al completo data base utilizzato per la valutazione geoelettrica e il calcolo della distribuzione della resistività;
- copia di tutti i dati di campagna e di elaborazione su CD per PC Windows.
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative e dei metodi di interpretazione.

4.2.3 Profilo di resistività

4.2.3.1 Generalità

L'indagine geoelettrica consiste nell'immettere una corrente continua nel terreno tramite due elettrodi A e B (AB = dipolo di corrente o di intensità) e nel misurare la caduta di potenziale, dovuta alla resistenza del terreno al passaggio della corrente elettrica, in corrispondenza di due elettrodi M ed N (MN = dipolo di misura o di potenziale). Attraverso la determinazione della resistività del terreno, l'indagine consente di ricostruire indirettamente il profilo litostratigrafico del terreno.

Nel profilo di resistività gli elettrodi verranno disposti secondo lo schema di un quadripolo AMNB costante, progressivamente spostato lungo un allineamento predefinito per la determinazione delle variazioni laterali delle caratteristiche elettriche dei terreni.

4.2.3.2 Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- * georesistivimetro con millivoltmetro (sensibilità massima 0.1 mV), circuito di azzeramento dei potenziali spontanei e milliamperometro con scala 1 mA - 2 A (sensibilità 0.1 mA);
- * generatore di potenza sufficiente all'indagine;

- * batteria di energizzazione con pile a secco;
- * cavi elettrici ad alto isolamento montati su rulli spalleggiabili;
- * elettrodi di corrente in acciaio;
- * elettrodi in rame e impolarizzabili;
- * apparecchi di ricetrasmisione;
- * cavi di collegamento ed accessori.

4.2.3.3 Modalità esecutive

L'esatta configurazione del quadripolo sarà funzione della profondità che dovrà essere esplorata e sarà preventivamente concordata con la Direzione Lavori, insieme alla frequenza con cui eseguire le misure.

4.2.3.4 Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
cartografia di base in scala adeguata con ubicazione delle prove eseguite e dei centri di misura, con indicazione degli azimut e della quota dei centri di misura;
tabulazione dei valori di resistività apparente misurati;
curve di resistività apparente in grafici bilogarithmici;
copia di tutti i dati raccolti in campagna;
relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative, dei metodi di interpretazione e comprensiva della resistività elettrica alle diverse profondità e delle unità elettrostratigrafiche evidenziate.

4.2.4 Prospezioni con Georadar

4.2.4.1 Generalità

L'indagine con georadar consente di individuare strutture o cavità sepolte a piccola profondità attraverso la trasmissione dalla superficie, mediante opportune antenne, di un segnale elettromagnetico di tipo radar e la registrazione degli echi di ritorno in un determinato periodo di tempo; il segnale riflesso è funzione della costante dielettrica dei mezzi indagati.

Questo tipo di indagine può essere utilizzato con successo nella definizione della geometria di plinti di fondazione, anche se bisogna tener presente che la metodologia descritta nel seguito consente l'individuazione delle geometrie superiori del plinto, non essendovi la certezza che l'intensità dei segnali trasmessi, anche se potenziati, sia tale da permettere ulteriori riflessioni dalla base del plinto; in altri termini l'indagine radar non sempre consente, dalla superficie, di ottenere riflessioni discriminabili in termini di riflessioni primarie e secondarie al variare della profondità. Per poter quindi determinare dalla superficie lo spessore dell'"oggetto" plinto occorre abbinare all'indagine radar un diverso tipo di rilevamento, ovvero quello tomografico di tipo elettrico di cui al punto 5.2.2., l'unico in grado di mantenere, per profondità non superiori, in questo caso, a 10 m da p.c., risoluzioni apprezzabili del variare della resistività del semispazio indagato.

4.2.4.2 Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- * unità radar, in grado di operare con almeno due canali, dotato di funzione "stack"; l'unità dovrà essere collegata ad un computer dotato di monitor e stampante;
- * set di antenne bistatiche, T (trasmittenti) ed R (riceventi), con frequenza variabile da un minimo di 10 MHz sino ad un massimo di 1200 MHz (a cui corrispondono lunghezza d'onda tra i 30 e 0.25m);
- * cavo di collegamento tra l'unità radar e l'antenna.

4.2.4.3 Modalità esecutive

Le esatte modalità di configurazione in fase di prova saranno in ogni caso preventivamente concordate con la Direzione Lavori.

In generale l'intero set di antenne deve essere disponibile in cantiere per poter essere adoperato prontamente in funzione delle esigenze del sito in esame; infatti, le condizioni di risposta di un segnale elettromagnetico di tipo radar sono particolarmente condizionate dalla costante dielettrica del mezzo attraversato, risultando quindi molto variabili. In generale, comunque, ad una maggiore frequenza dell'antenna corrisponde una minore

penetrazione nel terreno ma un maggiore dettaglio, mentre ad una minore frequenza corrisponde una maggiore profondità di indagine.

La funzione stack, di cui deve essere dotata l'unità radar corrisponde, in linea generale, all'"enhancement" in campo sismico dell'energia trasmessa al terreno: le antenne, infatti, in posizioni definite dall'operatore, vengono immobilizzate al terreno e si provvede, nello stesso punto, ad un'energizzazione della lunghezza di diversi minuti, con relativa registrazione del segnale riflesso. Questo comporta una maggior penetrazione del segnale nel terreno (anche negli orizzonti prevalentemente argillosi) con aumento della risoluzione del segnale riflesso.

In questo tipo di rilievi occorre procedere con strisciate eseguite in tempi diversi, ovvero:

- * eseguire delle strisciate in modo perpendicolare al lato maggiore della pila, aventi cadauna lunghezza non inferiore a 10 m, in modo da poter risolvere l'iperbole di riflessione;
- * individuare sul radargramma, visibile direttamente in campagna a colori e con prefiltraggi, le anomalie grossolane;
- * determinare le posizioni delle anomalie, ritornare sui tratti con la presenza delle anomalie con le antenne doppie o di diversa frequenza;
- * elaborare ulteriormente i segnali ottenuti in studio, a mezzo di programmi dedicati quali il WinRad, il Gradix o comunque software similari in grado di permettere all'operatore una buona risoluzione dei segnali stessi e favorirne un'agevole interpretazione;
- * esecuzione di indagine radar comprensivi di stack; determinare le posizioni delle anomalie, ritornare sulle stesse con le antenne doppie e, ogni 10 o 20 cm, spostare le antenne perpendicolarmente al lato più lungo della pila e procedere, per ogni intervallo, ad un rilievo "stack", da parametrizzare con precisione in cantiere, ma che comunque, per ogni fermata dell'antenna, potrà avere durata temporale anche di 10 o 15 minuti; i segnali, registrati per ogni singolo stack, vengono poi montati in un unico radargramma significativo, questa volta in grado di definire con buona precisione le geometrie superficiali delle anomalie rilevate;

4.2.4.4 Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- * informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- * rilievo topografico della superficie indagata e degli estremi delle strisciate eseguite;
- * planimetria in scala adeguata con ubicazione delle strisciate eseguite;
- * radargramma di campagna, elaborato a diverse intensità cromatiche, con le distanze (m) in ascisse e i tempi di ascolto (ns) in ordinate;
- * radargramma filtrato e interpretazione in funzione delle costanti dielettriche dei mezzi attraversati, con le distanze (m) in ascisse e le profondità (m) in ordinate;
- * relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative, dei metodi di interpretazione e dei risultati dell'indagine.

5. PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

5.1 Generalità

5.1.1 Requisiti generali del laboratorio

L'attività del laboratorio di prova dovrà essere condotta in accordo alla norma *UNI-CEI-EN 45001 - Criteri generali per il funzionamento di laboratori di prova* - con particolare riferimento al punto 5 - Competenza tecnica.

Il laboratorio di prove e analisi geotecniche utilizzato dall'Appaltatore dovrà essere in possesso di Autorizzazione Ministeriale ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001 in corso di validità rilasciata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ai sensi della Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7618/STC del 8 settembre 2010 per prove su terre e rocce.

In particolare, il laboratorio di prova dovrà essere competente per l'esecuzione delle prove in programma, dovrà disporre di personale tecnico in numero sufficiente con adeguata formazione e aggiornamento facente capo ad un responsabile al quale dovrà fare riferimento la Direzione Lavori.

5.1.2 Locali di prova

L'ambiente in cui le prove verranno eseguite non deve in alcun modo invalidarne i risultati né influenzare le misure: i locali di prova dovranno essere opportunamente protetti da condizioni anomale quali temperatura, polveri, umidità, vapori, vibrazioni, disturbi o interferenze elettromagnetiche, dovranno essere sufficientemente spaziosi e dotati di apparecchiature e sorgenti di alimentazione adeguate.

In alcune situazioni (camera umida di conservazione - zona di preparazione provini e assemblaggio delle prove) i locali dovranno essere dotati di strumentazione di controllo e condizionamento ambientale.

L'accesso alle zone di prova dovrà essere adeguatamente controllato e regolato.

5.1.3 Apparecchiature di prova

Il laboratorio di prova dovrà essere fornito di tutte le apparecchiature necessarie per la corretta esecuzione delle prove in programma.

Tutte le apparecchiature dovranno essere conservate con cura e dovranno essere disponibili idonee procedure di manutenzione.

Per le apparecchiature di prova principali dovrà essere disponibile un sistema di registrazione in cui sia riportato

- il nome dell'apparecchiatura;
- il nome del fabbricante, l'identificazione del tipo ed il numero di serie;
- la data di acquisizione e la data di messa in servizio;
- le operazioni di manutenzione eseguite;
- i danni subiti e le riparazioni eseguite;
- copia del certificato di taratura di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Copia delle schede di registrazione delle apparecchiature da utilizzare nell'ambito della Commessa dovrà essere sottoposta alla Direzione Lavori prima dell'inizio dell'attività di prova.

Gli strumenti di misura e le apparecchiature di prova dovranno essere sottoposte a taratura secondo un programma temporale adeguato al carico di lavoro del laboratorio, e comunque ad intervalli non superiori ai sei mesi. La taratura degli strumenti di misura e di prova dovrà essere effettuata in modo da garantire la riferibilità delle misure effettuate alla catena metrologica internazionale. Copia dei certificati di taratura delle apparecchiature e degli strumenti di misura utilizzati per l'esecuzione delle prove, di data non anteriore di sei mesi la data di prova, dovrà accompagnare il rapporto di prova emesso dal laboratorio a conclusione dell'incarico.

5.1.4 Identificazione dei campioni

Il laboratorio presso cui saranno effettuate le prove e le analisi geotecniche dovrà essere dotato di un sistema per l'identificazione dei campioni e delle parti di campioni da sottoporre a prova. Al momento del ricevimento dei campioni si dovrà controllare la corrispondenza con le distinte o le stratigrafie di accompagnamento, segnalando immediatamente qualsiasi difformità alla Direzione Lavori.

Tutti i campioni e le relative porzioni da sottoporre a prova (provini) dovranno essere chiaramente identificati da una sigla o un codice che accompagnerà il campione o il provino in tutte le fasi dell'attività di laboratorio (conservazione, preparazione dei provini da sottoporre a prova, esecuzione delle prove, preparazione della

documentazione di prova e del rapporto finale di prova); dovrà inoltre essere stabilita una corrispondenza tra il codice adottato dal laboratorio per l'identificazione dei campioni e dei provini e il sistema di identificazione utilizzato durante il prelievo in sito, in modo che i risultati delle prove di laboratorio siano sempre chiaramente attribuibili.

Prima dell'inizio delle attività di laboratorio dovrà essere redatta e trasmessa alla Direzione Lavori una scheda sinottica comprendente la località di prelievo, il numero del sondaggio o del pozzetto esplorativo, la profondità di prelievo, il codice adottato nel corso del campionamento, il codice identificativo del campione o del provino adottato in laboratorio, il programma di prove indicato dalla DIREZIONE DEI LAVORI ed il programma temporale di attuazione.

5.1.5 Conservazione dei campioni

I campioni consegnati al laboratorio dovranno essere conservati in modo da non alterarne le caratteristiche originarie.

All'atto della consegna si verificheranno le condizioni di sigillatura dei campioni e si segnaleranno tempestivamente alla Direzione Lavori eventuali danni alle fustelle che potrebbero aver alterato le condizioni originarie dei campioni (ovalizzazioni, deformazioni anomale, etc.).

I campioni dovranno essere conservati in locali a temperatura ed umidità controllata in modo da garantire il mantenimento dei seguenti parametri ambientali:

- temperatura: $20^{\circ} \pm 2^{\circ}$
- umidità relativa $> 95\%$

Al termine delle attività di prova i campioni residui non sottoposti a prova dovranno essere conservati in ambiente ad atmosfera controllata e potranno essere avviati a discarica solo previa autorizzazione della Direzione Lavori.

5.1.6 Condizioni di trattamento dei campioni

In tutte le fasi dell'attività di laboratorio i campioni e le relative porzioni da sottoporre a prova dovranno essere trattati e manipolati in modo di minimizzare il disturbo ad essi arrecato e di alterarne il meno possibile le caratteristiche e le proprietà naturali che devono essere determinate o investigate.

In particolare, si dovrà avere la massima cura per evitare di:

- alterare significativamente il contenuto d'acqua;
- modificare la struttura del terreno;
- applicare sollecitazioni tali da alterare lo stato tensionale residuo;
- modificare la composizione granulometrica del terreno.

Risulta di conseguenza necessario che le operazioni di apertura, descrizione, selezione dei materiali e preparazione dei provini siano effettuati in ambienti con temperatura intorno ai 20° ed umidità non inferiore al 55% ; in ogni caso le condizioni ambientali della zona di preparazione dei provini devono essere tali da assicurare variazioni del contenuto d'acqua non superiori all' 1% .

In linea di principio l'inizio delle analisi o prove programmate dovrà immediatamente seguire l'apertura dei campioni; nel caso in cui l'inizio delle attività di prova debba essere necessariamente procrastinato, i provini già confezionati, opportunamente siglati e sigillati, dovranno essere conservati nel locale ad atmosfera controllata utilizzato per la conservazione dei campioni.

Durante le fasi di montaggio e di avvio delle prove dovrà essere garantito il mantenimento delle condizioni originarie dei campioni, segnalando le eventuali variazioni connesse alle procedure di prova ed evitando ogni tipo di modificazione incontrollata.

5.1.7 Modifiche al programma di prove

Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite secondo il programma di prove di laboratorio contenuto nel progetto delle indagini e le eventuali indicazioni integrative fornite dalla DIREZIONE DEI LAVORI. Se tuttavia in fase di apertura dei campioni si dovessero riscontrare incongruenze tra il tipo di materiale campionato e le prove indicate in programma o qualora la qualità del campione rendesse poco attendibili i risultati delle prove previste (eccessivo rammollimento, essiccazione, deformazione evidente) il laboratorio interromperà il programma di prova e comunicherà immediatamente alla Direzione Lavori gli inconvenienti riscontrati in modo da adeguare il programma di prove alla effettiva qualità e tipologia dei campioni disponibili.

A tale proposito il laboratorio dovrà comunicare alla Direzione Lavori il programma temporale delle attività in

modo che sia possibile presenziare all'apertura dei campioni al fine di concordare eventuali modifiche al programma di prove.

In nessun caso il laboratorio potrà proseguire nel programma di prove o modificare il programma di prove senza la preventiva autorizzazione della Direzione Lavori.

5.1.8 Rapporti con la Direzione Lavori

Oltre quanto già riportato in precedenza il responsabile del laboratorio dovrà comunicare alla Direzione Lavori qualsiasi problema o inconveniente che dovesse insorgere durante l'effettuazione delle prove in programma. Inoltre, dovrà essere trasmesso settimanalmente alla Direzione Lavori un rapporto comprendente lo stato di avanzamento dell'attività di laboratorio, ogni variazione rispetto al programma temporale trasmesso inizialmente. In tutta la corrispondenza si dovrà fare riferimento allo schema adottato per la scheda sinottica inizialmente trasmessa alla Direzione Lavori

In caso di controversie o di perplessità relative alle modalità operative del laboratorio la Direzione Lavori si riserva la facoltà di richiedere l'esame di alcuni campioni o l'esecuzione di alcune prove di controllo e verifica da effettuarsi presso un laboratorio di sua fiducia.

5.1.9 Normative di riferimento

Le prove saranno eseguite, salvo diversa indicazione, in accordo agli standard di prova indicati nel presente Capitolato.

Di seguito, per ciascuna prova elencata, viene riportata la normativa di riferimento a cui il laboratorio dovrà di regola attenersi nell'esecuzione delle prove, unitamente ad alcune indicazioni sulle modalità di prova; l'eventuale esecuzione delle prove secondo standard o normative alternative a quelle indicate nelle presenti norme tecniche dovrà in ogni caso essere preventivamente autorizzato dalla Direzione Lavori.

Nei capitoli relativi alle modalità di prova delle presenti norme tecniche non si forniscono istruzioni operative dettagliate, per le quali si rimanda agli standard di riferimento, ma si sottolineano aspetti dei procedimenti di prova ritenuti particolarmente significativi per la corretta conduzione delle stesse.

In ogni caso la normativa di riferimento seguita per l'esecuzione delle prove dovrà essere indicata nel rapporto di prova.

5.1.10 Documentazione da fornire

Alla consegna dei certificati di prova dovrà essere fornita anche una sintesi che riporterà i risultati principali ottenuti dalle singole prove. Tale sintesi, espressa in un quadro riepilogativo generale, dovrà contenere la sigla identificativa del campione e la profondità di prelievo, le percentuali delle diverse frazioni granulometriche, i valori dei limiti di consistenza e dell'indice di plasticità, le classificazioni AGI, USCS o CNR-UNI 10006, il contenuto d'acqua e il peso di volume naturale, i valori di c e ϕ ottenuti dalle prove di taglio diretto e dalle prove triassiali, i valori di modulo edometrico, permeabilità, coefficiente di consolidazione verticale ed eventualmente il coefficiente di consolidazione secondaria per una determinata pressione di riferimento.

Nei capitoli seguenti delle presenti Specifiche Tecniche viene indicata la documentazione minima da fornire per ciascuna prova o analisi eseguita.

In ogni caso il rapporto finale di prova dovrà comprendere almeno le seguenti informazioni:

- il nome e l'indirizzo del laboratorio di prova;
- l'identificazione univoca del rapporto di prova
- il nome ed indirizzo del Committente;
- l'identificazione dei campioni;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di prova;
- lo standard di riferimento seguito per l'esecuzione delle prove;
- tutte le misure, gli esami e i loro risultati, corredati di tabelle, grafici, disegni e fotografie e tutte le anomalie individuate;
- la firma del responsabile del rapporto di prova e la data di emissione.

I risultati di tutti i calcoli e le determinazioni eseguite dovranno essere espressi in opportune unità SI, con relative multipli o sottomultipli.

5.2 Determinazione delle caratteristiche fisiche (prove di identificazione)

5.2.1 Apertura e descrizione geotecnica di campioni indisturbati

5.2.1.1 Campioni indisturbati alloggiati in fustelle cilindriche

L'estrusione dalle fustelle di alloggiamento dovrà avvenire in modo da minimizzare il disturbo arrecato al campione: a tale proposito è consigliato l'utilizzo di un estrusore idraulico. In ogni caso l'estrusione dovrà avvenire con lentezza e continuità, evitando l'applicazione di sforzi eccessivi o l'esecuzione di brusche manovre. Dopo l'estrusione il campione sarà sottoposto a scotatura e ripulitura delle estremità e si procederà alla descrizione geotecnica visivo-manuale del materiale campionato indicando natura, colore, strutture, inclusioni, frammenti di conchiglie, resti organici, eventuale odore ed ogni altro elemento ritenuto significativo. La descrizione geotecnica visivo-manuale dovrà essere condotta in accordo allo standard ASTM D2488-93 (Standard Practice for Description and Identification of Soils - Visual-Manual Procedure).

Si effettuerà quindi una ripresa fotografica a colori del campione avendo cura che l'immagine risulti nitida e chiaramente leggibile; la foto comprenderà anche una scala colorimetrica e una scala metrica di riferimento e riporterà la completa identificazione del campione e del suo alto.

Successivamente si procederà ove possibile alla esecuzione di prove speditive con penetrometro e scissometro tascabile ad intervalli regolari per la determinazione dello stato di consistenza del materiale campionato.

Da ultimo si procederà alla selezione delle porzioni del campione da sottoporre a prova, avendo particolare cura di escludere dal confezionamento dei provini da sottoporre a prova le porzioni disturbate per rammollimento o deformazione eccessiva, e di scegliere porzioni omogenee del campione per l'esecuzione di prove che richiedano la preparazione di una serie di provini.

Nella scelta delle porzioni di campione da sottoporre a prova assume particolare rilevanza la valutazione della stato di qualità del campione che dovrà in ogni caso essere indicata.

Al termine dell'esame sarà redatto un apposito modulo contenente tutte le osservazioni e misure condotte, l'indicazione delle prove da eseguire e dei relativi provini, indicazioni sullo stato di qualità del campione e della fustella, le dimensioni del campione estruso. Il modulo sarà corredato dalla documentazione fotografica del campione.

5.2.1.2 Campioni indisturbati cubici

L'estrazione dei campioni indisturbati alloggiati in cassette cubiche dovrà avvenire con estrema cautela, in modo da minimizzare il disturbo arrecato al campione.

Una volta estratto il campione si procederà in analogia a quanto indicato al punto 4.2.1.1.

5.2.2 Apertura e descrizione geotecnica di campioni rimaneggiati

L'estrazione del campione rimaneggiato dal contenitore di alloggiamento (sacchetto, barattolo, vasetto, etc.) sarà seguita dalla descrizione geotecnica visivo-manuale del materiale condotta in accordo allo standard ASTM D2488 – 17E1 (Standard Practice for Description and Identification of Soils - Visual-Manual Procedure).

Il materiale campionato sarà sottoposto a ripresa fotografica digitale a colori avendo cura che l'immagine risulti nitida e chiaramente leggibile; la foto comprenderà anche una scala colorimetrica e una scala metrica di riferimento e riporterà la completa identificazione del campione.

Al termine delle operazioni si procederà alla redazione di un modulo contenente la descrizione geotecnica del campione, l'indicazione delle prove da eseguire e l'eventuale documentazione fotografica.

5.2.3 Determinazione del contenuto naturale d'acqua

5.2.3.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione del contenuto d'acqua di terreni, rocce e materiali similari.

5.2.3.2 Normative e specifiche di riferimento

- ASTM D 2216 - 19 - Standard Test Methods For Laboratory Determination Of Water (Moisture) Content Of Soil And Rock By Mass.
- UNI EN ISO 17892-1:2022 – Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 1: Determinazione del contenuto in acqua.

5.2.3.3 Modalità di prova

La determinazione del contenuto naturale d'acqua, ottenuto per differenza tra peso del campione umido e peso del campione essiccato in forno termostato a 100-110°C ed espresso in percentuale rispetto al peso del campione essiccato, dovrà essere effettuata su almeno due provini prelevati da campioni o porzioni di campioni che non abbiano subito significative variazioni di umidità (rammolliti o essiccati) rispetto alle condizioni naturali.

5.2.3.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- valore percentuale del contenuto d'acqua;
- note sulla eventuale disomogeneità del campione ed indicazione della porzione a cui si riferisce la determinazione;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.2.4 Determinazione della massa volumica apparente (peso dell'unità di volume naturale)

5.2.4.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione della massa volumica apparente di un terreno, ottenuto come rapporto tra la massa di un provino di terreno allo stato naturale ed il suo volume.

5.2.4.2 Normative e specifiche di riferimento

* BS 1377 - Methods of test for soils for civil engineering purposes - Part 2: Classification tests.

5.2.4.3 Modalità di prova

La prova dovrà essere effettuata unicamente su provini indisturbati, avendo cura di non alterare in alcun modo le caratteristiche del campione durante il confezionamento del provino.

Per il confezionamento dei provini dovrà di norma essere impiegato un apposito tornietto da laboratorio, al fine di minimizzare il disturbo al campione; l'uso del tornietto potrà essere evitato per terreni a bassa consistenza, per i quali è possibile l'infissione a pressione di una fustella tarata mediante l'impiego di un idoneo campionatore.

In nessun caso la fustella sarà infissa manualmente nel terreno da campionare.

5.2.4.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- risultato della determinazione espresso in unità SI [Mg/m^3] con definizione della seconda cifra decimale;
- note sulla eventuale disomogeneità del campione ed indicazione della porzione a cui si riferisce la determinazione;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.2.5 Determinazione dei limiti di consistenza

5.2.5.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione del contenuto d'acqua per il quale avviene il passaggio dallo stato semiliquido allo stato plastico (limite di liquidità) e dallo stato plastico allo stato semisolido (limite di plasticità).

5.2.5.2 Normative e specifiche di riferimento

- ASTM D 4318 – 17E1 - Standard Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit, And Plasticity Index Of Soils.
- UNI EN ISO 17892-12:2022 – Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 12: Determinazione dei limiti liquidi e plastici.

5.2.5.3 Modalità di prova

Prima dell'inizio della determinazione del limite liquido si procederà alla regolazione dell'altezza di caduta della Cucchiata di Casagrande, si controllerà lo stato di usura del Cucchiataio e dell'utensile solcatore e la regolarità

della base, procedendo alla eventuale sostituzione delle parti usurate.

Le tolleranze dimensionali da rispettare sono le seguenti:

- * altezza di caduta: 10 ± 0.2 mm;
- * profondità del solco di usura sul Cucchiaino: < 0.1 mm;
- * larghezza della punta del solcatore: 2 ± 0.1 mm;
- * profondità della punta del solcatore: 8 ± 0.1 mm;
- * diametro dell'impronta di impatto sulla base < 10 mm.

Per la determinazione del limite di liquidità si impiegherà di norma il metodo multipunto, con almeno tre punti di prova. È consentito adottare il metodo a punto singolo, con esecuzione di almeno due determinazioni.

Per quanto concerne il limite di plasticità, qualora il materiale non risultasse lavorabile, si riporterà come risultato l'indicazione "Non Plastico".

5.2.5.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- risultato delle determinazioni espresse come valori percentuali;

documentazione delle pesate eseguite;

- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.2.6 Determinazione del limite di ritiro

5.2.6.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione del quantitativo d'acqua necessario per saturare un campione di terreno coesivo precedentemente essiccato in forno.

5.2.6.2 Normative e specifiche di riferimento

- * ASTM D 427 - 04 - Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method. Tenuto conto della tossicità del mercurio utilizzato nel metodo è consentito l'uso dello standard alternativo:
- * ASTM D 4943 - 18 - Standard Test Method For Shrinkage Factors Of Cohesive Soils By The Water Submersion Method.

5.2.6.3 Modalità di prova

La determinazione del limite di ritiro dovrà essere condotta effettuando almeno due misure del contenuto d'acqua a volume costante su provini omogenei.

5.2.6.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- risultato espresso come valore percentuale, calcolato come media delle due determinazioni effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.2.7 Analisi granulometrica per vagliatura

5.2.7.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica dei grani di un campione di terreno trattenuti al setaccio ASTM n° 200.

5.2.7.2 Normative e specifiche di riferimento

- * ASTM D 421 - 85 - Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants
- * UNI EN ISO 17892-4:2017 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 4: Determinazione della distribuzione granulometrica;
- * A.G.I. (1994) - Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio - Analisi granulometrica di una terra.
- * CNR B.U. n. 23 – Analisi granulometrica di una terra mediante crivelli e setacci.

5.2.7.3 Modalità di prova

L'analisi granulometrica per vagliatura si eseguirà in ogni caso per via umida, impiegando setacci e vagli della serie ASTM di diametro non inferiore ai 200 mm, scelti tra i seguenti termini in funzione della dimensione massima dei granuli: n° 200, n° 120, n° 60, n° 40, n° 20, n° 10, n° 4, 3/8", 3/4", 1", 1.5", 2" e 3". È ammesso l'uso di serie di setacci equivalenti a quella sopra indicata.

Il quantitativo minimo da sottoporre a prova sarà stabilito sulla base delle dimensioni massime dei granuli presenti in quantità significativa (non inferiore al 10%) secondo il seguente schema:

Massa minima da analizzare

<i>Dimensione massima granuli [mm]</i>	<i>Massa minima campione [g]</i>
2	200
10	1000
15	2000
40	10000
60	15000
70	25000
100	35000

Prima dell'esecuzione dell'analisi granulometrica si dovrà procedere ad un controllo dell'integrità dei setacci, sostituendo immediatamente i setacci lesionati.

Il campione da sottoporre ad analisi, una volta essiccato e pesato, verrà immerso in acqua fino al completo distacco della frazione fine dai granuli e la completa disgregazione dei grumi, favorendo l'operazione mediante agitazione meccanica.

Successivamente, evitando qualsiasi perdita di materiale, si procederà alle operazioni di setacciatura favorendo il passaggio del materiale con getti d'acqua e con l'azione meccanica di un pennello molto morbido, avendo cura di non forzare il materiale tra le maglie dei setacci; l'operazione di lavaggio potrà essere conclusa solo quando l'acqua che fuoriesce dall'ultimo setaccio sia perfettamente limpida.

Si procederà quindi all'essiccazione in forno termostato a 105° e alla determinazione delle masse trattenute a ciascun setaccio.

Il materiale analizzato dovrà essere classificato in accordo alle Raccomandazioni A.G.I. (1977) e, qualora sia stata eseguita anche la determinazione dei limiti di consistenza, anche in accordo allo Standard ASTM D2487-17E1 - Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) e alla Classificazione delle terre UNI EN ISO 14688-1:2018 Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 1: Identificazione e descrizione.

5.2.7.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- tabella con indicazione della percentuale di materiale trattenuto a ciascun setaccio (se espressamente richiesto dalla Direzione Lavori);
- diagramma semilogaritmico % passante - diametro;
- classificazione granulometrica del materiale analizzato;
- documentazione delle pesate eseguite (se espressamente richiesto dalla Direzione Lavori);
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.2.8 Determinazione del passante o trattenuto ad un singolo vaglio

5.2.8.1 Normative e specifiche di riferimento

- * ASTM D 1140 - 17 - Standard Test Method for Amount of Material in Soils Finer Than the 75-µm (No. 200) Sieve in Soils by Washing

- * ASTM D 421 - 85 - Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants
- * A.G.I. (1994) - Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio - Analisi granulometrica di una terra

5.2.8.2 Modalità di prova

Il quantitativo minimo di materiale da sottoporre ad analisi dovrà essere stabilito in funzione delle dimensioni massime dei granuli costituenti il campione in esame, in analogia a quanto indicato al punto 4.2.7 delle presenti Specifiche Tecniche e a quanto riportato nelle specifiche di riferimento.

5.2.8.3 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- percentuale di materiale trattenuto o passante al setaccio riferita alla massa complessiva del materiale analizzato;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.2.9 Analisi granulometrica per sedimentazione

5.2.9.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica della frazione passante al setaccio ASTM n° 200 di un terreno.

5.2.9.2 Normative e specifiche di riferimento

- * ASTM D 422 - 63 - Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils;
- * ASTM D 421 - 85 - Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants;
- * A.G.I. (1994) - Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio - Analisi granulometrica di una terra

5.2.9.3 Modalità di prova

L'analisi granulometrica per sedimentazione dovrà essere condotta effettuando letture della densità e della temperatura di una sospensione, preparata con 50 gr di materiale passante al setaccio ASTM n° 200, 125 ml di soluzione disperdente (esametafosfato di sodio in soluzione pari a 40g/l, confezionata non più di 30 gg prima della data di impiego) e acqua distillata fino ad ottenere un volume pari a 1000 ml, dopo 1', 2', 4', 8', 15', 30', 60', 120', 240', 480' e 1440' dal termine dell'agitazione preliminare; si precisa che l'analisi potrà considerarsi conclusa solo quando le densità della sospensione risulta prossima a quella dell'acqua pura (circa 48 ore per i terreni fortemente argillosi)

Le letture di densità dovranno essere effettuate con densimetro calibrato di tipo ASTM 151H o 152H.

Per tutta la durata dell'analisi si avrà cura di evitare qualsiasi vibrazione ai cilindri di prova ed eccessive variazioni di temperatura; a tale scopo potrà convenientemente impiegarsi una vasca termostata a 20°.

Il materiale analizzato dovrà essere classificato in accordo alle Raccomandazioni A.G.I. (1977) e, qualora sia stata eseguita anche la determinazione dei limiti di consistenza, anche in accordo allo Standard ASTM D2487-17E1 - Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) e alla Classificazione delle terre UNI EN ISO 14688-1:2018.

.

5.2.9.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- diagramma semilogaritmico % passante - diametro;
- classificazione granulometrica del materiale analizzato;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato, termometro) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.2.10 Determinazione della massa volumica reale (peso specifico assoluto dei grani)

5.2.10.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione del rapporto tra la massa della frazione solida di un terreno ed il suo volume.

5.2.10.2 Normative e specifiche di riferimento

* ASTM D 854 - 14 - Standard Test Method for Specific Gravity of Soils

5.2.10.3 Modalità di prova

Il peso specifico dei grani dovrà essere ottenuto come valore medio di due determinazioni eseguite col metodo del picnometro calibrato su materiale omogeneo. Per l'eliminazione dell'aria intrappolata si dovrà impiegare una pompa per vuoto con pressione non superiore a 100 mm Hg.

5.2.10.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- valore medio del peso specifico dei grani espresso in Mg/m^3
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, manometro, termometro) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.2.11 Determinazione del contenuto in sostanze organiche

5.2.11.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione del contenuto di sostanze organiche di un campione di terreno.

5.2.11.2 Normative e specifiche di riferimento

* ASTM D 2974 – 20E1 - Standard Test Methods For Determining The Water (Moisture) Content, Ash Content, And Organic Material Of Peat And Other Organic Soils.

5.2.11.3 Modalità di prova

La determinazione del quantitativo di sostanze organiche si eseguirà attraverso l'incenerimento in forno a muffola alla temperatura di 440°C di due provini precedentemente essiccati in forno alla temperatura di 105°C. La percentuale di sostanza organica dovrà essere riferita alla massa essiccata del campione.

5.2.11.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- contenuto in sostanza organica espresso in percentuale con indicazione della prima cifra decimale e ottenuto come media di due determinazioni su materiale omogeneo;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.2.12 Determinazione del tenore in carbonati

5.2.12.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione del quantitativo di carbonato di calcio presente in un campione di terreno.

5.2.12.2 Normative e specifiche di riferimento

* ASTM D 4373 - 21 - Standard Test Method For Rapid Determination Of Carbonate Content Of Soils.

5.2.12.3 Modalità di prova

La determinazione del tenore in carbonati sarà effettuata come media di due determinazioni misurando la pressione sviluppata in un cilindro a tenuta stagna (calcimetro) dalla reazione di 1 g di terreno polverizzato con 20 ml di acido cloridrico in soluzione 1 N.

Prima della determinazione del tenore in carbonati del terreno in esame si dovrà procedere alla calibrazione del calcimetro attraverso la determinazione della pressione corrispondente a quantitativi di carbonato di calcio

puro pari a 0.2 g, 0.4 g, 0.6 g, 0.8 g e 1.0 g ottenute come media di due determinazioni e riportate in una curva di calibrazione.

5.2.12.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- tenore in carbonati espresso in percentuale con indicazione della prima cifra decimale e ottenuto come media di due determinazioni su materiale omogeneo;
- curva di calibrazione del calcimetro impiegato;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, manometro) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3 Determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche

5.3.1 Prova di compressione edometrica (IL)

5.3.1.1 Generalità

La prova edometrica consiste nella determinazione dell'entità e della velocità della consolidazione di terreni coesivi soggetti ad incrementi tensionali. Nel corso della prova edometrica, oltre ai parametri normalmente calcolati, è possibile eseguire determinazioni dirette di permeabilità.

5.3.1.2 Normative e specifiche di riferimento

- * ASTM D 2435 / 2435M – 11 (21) - Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils
- * A.G.I. (1994) - Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio - Prove Edometriche

5.3.1.3 Prova di compressione edometrica ad incremento di carico controllati (IL)

5.3.1.3.1 Modalità di prova

La prova di compressione edometrica ad incrementi di carico controllati dovrà essere condotta su provini cilindrici di diametro non inferiore a 50 mm e rapporto diametro/altezza compreso tra 2.5 e 6 preparati con apposito tornietto campionatore a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere l'anello portacampione a pressione direttamente nel campione da analizzare; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano l'anello portacampione. L'altezza dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 10 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

Una volta inserito il terreno nell'anello portacampione si procederà al montaggio della cella edometrica inserendo le pietre porose inferiore e superiore e della carta da filtro tipo Whatman's n. 54 tra il terreno e le pietre porose.

Successivamente si posizionerà la cella edometrica sul telaio di carico applicando una pressione di serraggio pari a 5 kPa controllando le variazioni di altezza del provino e regolando la pressione iniziale per evitare rigonfiamenti o eccessive consolidazioni del provino.

Al fine di evitare rigonfiamenti del terreno in prova si procederà all'inserimento dell'acqua nella cella edometrica solo dopo aver raggiunto un carico verticale pari alla tensione geostatica esistente in sito.

La prova sarà condotta applicando la seguente successione di carico: 12 kPa, 25 kPa, 50 kPa, 100 kPa, 200 kPa, 400 kPa, 800 kPa, 1600 kPa, 3200 kPa. Per ciascun gradino di carico si procederà alla registrazione delle deformazioni secondo uno schema temporale in successione geometrica, mantenendo il carico almeno per un tempo sufficiente all'individuazione del tempo di fine consolidazione (t_{100}); qualora il diagramma non consentisse una chiara individuazione del t_{100} il gradino di carico dovrà essere mantenuto per almeno 24 h.

Si procederà poi alla costruzione del diagramma deformazione verticale - logaritmo del carico verticale ($\epsilon_v - \log \sigma'_v$), costruito impiegando i valori di cedimento corrispondenti ai t_{100} , in modo da valutare l'andamento del processo di consolidazione. Qualora tale diagramma evidenziasse una pressione massima applicata insufficiente (assenza di tre punti allineati dopo la massima curvatura) si procederà all'applicazione di ulteriori incrementi di carico sino ad ottenere chiaramente la retta di compressione.

In seguito si eseguirà lo fase di scarico finale con esecuzione di almeno 3 gradini di scarico.

Durante l'esecuzione del ciclo di carico, se richiesto, si eseguirà inoltre un ciclo di scarico ricarico a partire dalla tensione geostatica σ'_{vo} esistente in sito comprendente tre gradini di scarico e tre di ricarico.

Ove richiesto si procederà anche alla determinazione dei valori del coefficiente di consolidazione verticale c_v , del coefficiente di permeabilità k e del coefficiente di consolidazione secondaria c_{α} in corrispondenza di livelli di carico indicati dalla Direzione Lavori

5.3.1.3.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni iniziali e finali del provino;
- contenuto d'acqua iniziale e finale del provino;
- indice dei vuoti iniziale e finale del provino;
- tabella riassuntiva riportante i valori di deformazione verticale percentuale e di indice dei vuoti per ciascun livello di carico ed i valori del modulo edometrico nei tratti di carico;
- tabella con i valori di c_v , k e c_{α} ove richiesto;
- diagramma indice dei vuoti - logaritmo del carico verticale efficace ($e - \log \sigma'_v$) costruito sulla base dei cedimenti corrispondenti ai t_{100} di fine consolidazione;
- diagramma logaritmo del carico - logaritmo del modulo edometrico;
- diagramma cedimento - logaritmo del tempo per i gradini di carico richiesti;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, comparatori o trasduttori di spostamento lineari, eventuali trasduttori di carico) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3.1.4 Misura della permeabilità per via diretta in edometro

5.3.1.4.1 Modalità di prova

La determinazione del coefficiente di permeabilità verticale k potrà essere eseguita per via diretta a carico idraulico variabile in edometro nel corso di una prova edometrica o ad un particolare livello di carico utilizzando una attrezzatura edometrica fornita di apposita buretta graduata per l'applicazione di un carico idraulico al provino; nel corso dell'assemblaggio della cella si dovrà porre particolare attenzione alla completa disaerazione e saturazione di tutti i circuiti idraulici evitando in particolare di intrappolare aria tra provino, filtri in carta e pietre porose. È opportuno che il flusso idraulico avvenga dal basso verso l'alto al fine di consentire una migliore saturazione del provino.

Prima della misura della permeabilità si dovrà controllare che il processo di consolidazione conseguente l'applicazione del carico verticale sia esaurito, al fine di evitare che il gradiente idraulico generato dal processo di consolidazione interferisca con il flusso idraulico impiegato per la prova alterando i valori di permeabilità misurati.

Le misure di permeabilità dovranno essere protratte sino alla completa stabilizzazione del valore del coefficiente k .

5.3.1.4.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni iniziali del provino;
- contenuto d'acqua iniziale del provino;
- valore del carico idraulico iniziale applicato al provino;
- tabella riassuntiva con i valori calcolati di permeabilità;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, comparatori o trasduttori di spostamento lineari) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3.2 Determinazione del rigonfiamento libero

5.3.2.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione dell'entità del rigonfiamento libero di un terreno conseguente a rilascio

tensionale ed assorbimento d'acqua.

5.3.2.2 Normative e specifiche di riferimento

* ASTM D 4546 - 21 - Standard Test Methods For One-Dimensional Swell Or Collapse Of Soils.

5.3.2.3 Modalità di prova

La determinazione avverrà su provini cilindrici di diametro non inferiore a 50 mm e rapporto diametro/altezza non inferiore a 2.5 preparati con apposito tornietto campionatore a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere l'anello portacampione a pressione direttamente nel campione da analizzare; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano l'anello portacampione. L'altezza dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 10 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

Per l'esecuzione della prova si potrà impiegare la normale attrezzatura edometrica.

Nella preparazione della cella edometrica si impiegheranno pietre porose e filtri in carta non saturati, al fine di evitare prematuri rigonfiamenti del provino.

La prova sarà condotta previo raggiungimento a secco di un carico verticale pari alla tensione geostatica efficace esistente in sito o a qualunque altro valore comunicato dalla Direzione Lavori; successivamente si scaricherà completamente il provino, ad eccezione di un carico di serraggio pari a 5 kPa e si inonderà il provino con acqua registrando le conseguenti variazioni di altezza in funzione del tempo.

Il valore della deformazione di rigonfiamento sarà individuato dall'intersezione della retta di rigonfiamento primario con la retta di rigonfiamento secondario.

5.3.2.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni iniziali e finali del provino;
- contenuto d'acqua iniziale del provino;
- diagramma deformazione verticale - logaritmo del tempo;
- valore del rigonfiamento libero espresso in percentuale rispetto all'altezza del provino corrispondente al carico verticale iniziale applicato;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, comparatori o trasduttori di spostamento lineari) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3.3 Determinazione della pressione di rigonfiamento

5.3.3.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione della pressione di rigonfiamento di un terreno conseguente ad assorbimento d'acqua.

5.3.3.2 Normative e specifiche di riferimento

* ASTM D 4546 - 21 - Standard Test Methods For One-Dimensional Swell Or Collapse Of Soils.

5.3.3.3 Modalità di prova

La determinazione della pressione di rigonfiamento avverrà su provini cilindrici di diametro non inferiore a 50 mm e rapporto diametro/altezza non inferiore a 2.5 preparati con apposito tornietto campionatore a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere l'anello portacampione a pressione direttamente nel campione da analizzare; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano l'anello portacampione. L'altezza dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 10 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

Per l'esecuzione della prova si potrà impiegare la normale attrezzatura edometrica.

Nella preparazione della cella edometrica si impiegheranno pietre porose e filtri in carta non saturati, al fine di evitare prematuri rigonfiamenti del provino.

La prova sarà condotta previo raggiungimento a secco di un carico verticale pari alla tensione geostatica efficace esistente in sito o a qualunque altro valore comunicato dalla Direzione Lavori; successivamente si inonderà il provino con acqua e si incrementerà il carico verticale attraverso successivi incrementi di 5 kPa

impedendo qualsiasi rigonfiamento del provino. In questa fase le deformazioni del provino non dovranno superare 0.01 mm.

Quando il provino comincia a manifestare apprezzabili cedimenti di consolidazione si procederà ad incrementare il carico in progressione geometrica analogamente alle normali prove edometriche fino ad ottenere almeno tre punti allineati dopo la massima curvatura.

Il valore della pressione di rigonfiamento sarà individuato sul diagramma deformazione o indice dei vuoti - logaritmo del carico verticale efficace dall'intersezione tra il prolungamento della retta di ricomprensione e la bisettrice dell'angolo formato dalla tangente e dalla retta orizzontale passanti per il punto di massima curvatura del diagramma.

5.3.3.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni iniziali e finali del provino;
- contenuto d'acqua iniziale del provino;
- indice dei vuoti iniziale del provino;
- tabella di sintesi comprendente i carichi applicati e le relative deformazioni verticali;
- diagramma indice dei vuoti - logaritmo del carico;
- valore della pressione di rigonfiamento calcolata con indicazione della procedura adottata;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, comparatori o trasduttori di spostamento lineari) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3.4 Prova di taglio con scissometro da laboratorio

5.3.4.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione della resistenza al taglio non drenata di picco e residua di terreni coesivi.

5.3.4.2 Normative e specifiche di riferimento

- * ASTM D 4648 – 4648M - 16 - Standard Test Method for Laboratory Miniature Vane Shear Test for Saturated Fine-Grained Clayey Soil

5.3.4.3 Modalità di prova

La prova sarà eseguita su provini ottenuti da campioni indisturbati aventi diametro non inferiore a 5 volte il diametro delle palette dello scissometro impiegato, con superficie di inserimento delle palette perfettamente piana e perpendicolare all'asse dello strumento; durante la preparazione dei provini si dovrà evitare qualsiasi variazione del contenuto d'acqua.

Il diametro delle palette di prova dovrà essere compreso tra 12.7 e 25.4 mm, con altezza pari a 2 volte il diametro. Lo strumento di prova dovrà essere in grado di applicare una rotazione costante con velocità compresa tra 60 e 90 gradi al minuto; a tale proposito è raccomandabile l'impiego di uno strumento motorizzato. La misura dello sforzo applicato potrà avvenire con molle calibrate o preferibilmente con trasduttori elettrici; nel caso di impiego di molle calibrate si dovrà procedere al periodico controllo della calibrazione.

La prova comprende la determinazione sia della resistenza di picco, corrispondente alla rottura del terreno o, nel caso di materiali incrudenti, al valore di resistenza relativo a 180° di rotazione, che della resistenza residua successiva all'esecuzione di 10 rapide rotazioni complete dello strumento.

5.3.4.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- valore della resistenza di picco e della resistenza residua espresse in kPa;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (trasduttori di torsione) o della curva di calibrazione delle molle di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3.5 Prova di compressione monoassiale ad espansione laterale libera

5.3.5.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione della resistenza alla compressione monoassiale in assenza di confinamento laterale di terreni coesivi e fornisce un valore approssimato della resistenza non drenata espressa in termini di tensioni totali.

5.3.5.2 Normative e specifiche di riferimento

* ASTM D 2166 / 2166M – 16 - Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil

5.3.5.3 Modalità di prova

La prova sarà eseguita su provini cilindrici di diametro non inferiore a 35 mm e rapporto altezza/diametro compreso tra 2 e 2.5 preparati con apposito tornietto campionario a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione direttamente nel campione da analizzare apposita fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella. Il diametro dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 6 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. Particolare importanza assume la preparazione delle facce terminali del provino che dovranno essere perfettamente piane e perpendicolari all'asse del provino. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

Il provino così preparato sarà posizionato nella pressa di carico previa lubrificazione delle piastre di carico, al fine di evitare attriti tra le estremità del provino e le piastre di carico; in tale fase si avrà cura di centrare perfettamente il provino rispetto alle piastre di carico.

La velocità di deformazione adottata nella prova dovrà essere compresa tra 0.5 e 2 %/min.; durante l'applicazione del carico si procederà alla registrazione ad intervalli di tempo regolari del carico applicato e della corrispondente deformazione assiale, in modo da avere almeno 15 coppie di valori.

La prova dovrà in ogni caso essere protratta sino ad ottenere una deformazione assiale pari ad almeno il 20 %.

5.3.5.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni del provino;
- contenuto d'acqua iniziale;
- velocità di deformazione adottata;
- carico di rottura e corrispondente deformazione assiale;
- diagramma carico assiale - deformazione assiale;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3.6 Prova di compressione triassiale non consolidata - non drenata (UU)

5.3.6.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione della resistenza al taglio non drenata, espressa in termini di tensioni totali e della relazione sollecitazione-deformazione di terreni coesivi sottoposti a condizioni di sollecitazione triassiale.

5.3.6.2 Normative e specifiche di riferimento

* ASTM D 2850 - 15 - Standard Test Method For Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test On Cohesive Soils.

* A.G.I. (1994) - Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio - Prove di compressione triassiale su terre coesive

5.3.6.3 Modalità di prova

La prova sarà eseguita su provini cilindrici, di diametro non inferiore a 35 mm e rapporto altezza/diametro compreso tra 2 e 2.5, preparati con apposito tornietto campionario a partire da campioni indisturbati; per

materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione direttamente nel campione da analizzare apposta fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella. Il diametro dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 6 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. Particolare importanza assume la preparazione delle facce terminali dei provini che dovranno essere perfettamente piane e perpendicolari all'asse dei provini. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

La prova sarà condotta senza saturazione preliminare adottando diversi valori della tensione di confinamento (tensione di cella) stabiliti dalla Direzione Lavori.

La fase di compressione assiale sarà condotta adottando velocità di deformazioni comprese tra 0.3 e 1 %/min. in funzione delle caratteristiche di plasticità del materiale e sarà in ogni caso protratta sino al raggiungimento di valori della deformazione assiale non inferiori al 20 %.

5.3.6.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e dei provini sottoposti a prova;
- dimensioni dei provini;
- contenuto d'acqua iniziale dei provini;
- velocità di deformazione adottata;
- valore della pressione di cella adottata per ciascun provino;
- diagramma sforzo deviatorico - deformazione assiale per ciascun provino;
- valori dello sforzo deviatorico e della deformazione assiale a rottura per ciascun provino;
- rappresentazione dello stato di sforzo a rottura espresso in termini di sforzi totali nel piano σ/τ a mezzo cerchi di Mohr con indicazione dell'involuppo di rottura;
- indicazione del valore di resistenza al taglio del campione esaminato espresso in termini di tensioni totali dal parametro c_u ;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico; manometri o trasduttori di pressione) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3.7 Prova di compressione triassiale consolidata isotropicamente - non drenata (CIU)

5.3.7.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione dei parametri di resistenza in termini di tensioni totali ed efficaci di un campione di terreno sottoposto a condizioni di sollecitazione triassiale; la prova può inoltre essere utilizzata per la determinazione dei parametri di deformabilità non drenati.

5.3.7.2 Normative e specifiche di riferimento

- * ASTM D 4767 - 11 - Standard Test Method For Consolidated Undrained Triaxial Compression Test For Cohesive Soils;
- * A.G.I. (1994) - Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio - Prove di compressione triassiale su terre coesive.

5.3.7.3 Modalità di prova

La prova sarà eseguita su tre provini cilindrici, di diametro non inferiore a 35 mm e rapporto altezza/diametro compreso tra 2 e 2.5, preparati con apposito tornietto campionatore a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione direttamente nel campione da analizzare apposta fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella. Il diametro dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 6 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. Particolare importanza assume la preparazione delle facce terminali dei provini che dovranno essere perfettamente piane e perpendicolari all'asse dei provini. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

La prova verrà condotta attraverso tre distinte fasi: saturazione, consolidazione e rottura.

Fase di saturazione: la saturazione preliminare sarà condotta attraverso l'applicazione di back-pressure in diversi gradini di pressione di entità variabile in funzione delle caratteristiche di consistenza dei terreni in prova

e comunque mai superiori a 50 kPa; durante tutta la fase di saturazione si dovrà mantenere una differenza di pressione tra pressione di cella e back-pressure compresa tra 5 e 10 kPa al fine di evitare premature consolidazioni dei provini.

Dopo ogni gradino di saturazione, una volta raggiunta la completa stabilizzazione delle pressioni, si provvederà alla misura del grado di saturazione raggiunto attraverso la determinazione del parametro B; la fase di saturazione potrà essere conclusa solo quando il parametro B assumerà valori superiori a 0.95.

Fase di consolidazione: la fase di consolidazione sarà condotta incrementando la pressione di cella fino a raggiungere il prefissato valore della pressione di consolidazione da adottare per ciascun provino stabilito dalla Direzione Lavori. Dopo la stabilizzazione della pressione interstiziale conseguente l'incremento tensionale applicato si avvierà la fase di consolidazione consentendo il drenaggio e registrando le variazioni di volume ed eventualmente le variazioni di pressione interstiziale in funzione del tempo.

Dal diagramma variazione di volume - logaritmo del tempo, o in alternativa variazione di volume - radice quadrata del tempo, si determinerà il tempo di fine consolidazione t_{100} che sarà assunto come parametro base per il calcolo della velocità di rottura.

Fase di rottura: durante la fase di rottura, che avverrà in condizioni di drenaggio impedito si incrementerà progressivamente lo sforzo deviatorico, mantenendo fissa la pressione di cella, fino ad ottenere deformazioni assiali non inferiori al 20%. Al fine di assicurare una uniforme distribuzione ed equalizzazione della sovrappressione idraulica conseguente l'incremento tensionale, la velocità di deformazione v_r sarà stabilita sulla base del t_{100} di fine consolidazione e della deformazione attesa a rottura ε_r secondo la seguente equazione:

$$v_r = (H_c * \varepsilon_r) / (15 * t_{100})$$

con H_c = altezza del provino al termine della fase di consolidazione

I valori di ε_r , funzione del tipo di materiale, risultano generalmente compresi tra un valore minimo del 2%, valido per terreni molto consistenti, sovraconsolidati, ad un valore massimo del 10÷12% valido per terreni coesivi teneri.

Durante tutta la fase di rottura verranno monitorati e registrati ad intervalli di tempo opportuni, i valori di sforzo deviatorico, deformazione assiale e pressione interstiziale.

5.3.7.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e dei provini sottoposti a prova;
- dimensioni iniziali dei provini;
- contenuto d'acqua dei provini;
- velocità di deformazione adottata nella fase di rottura;
- diagramma sforzo deviatorico - deformazione assiale per ciascun provino;
- diagramma pressione interstiziale - deformazione assiale per ciascun provino;
- diagramma rapporto degli sforzi principali efficaci - deformazione assiale per ciascun provino;
- valori dello sforzo deviatorico e della deformazione assiale a rottura per ciascun provino;
- rappresentazione dello sforzo a rottura in termini di sforzi efficaci nel piano σ/τ a mezzo di cerchi di Mohr con indicazione dell'involuppo di rottura;
- indicazione del valore di resistenza al taglio del campione esaminato espresso in termini di tensioni efficaci dai parametri c' e ϕ' ;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico; manometri o trasduttori di pressione) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3.8 Prova di compressione triassiale consolidata isotropicamente - drenata (CID)

5.3.8.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione dei parametri di resistenza in termini di tensioni efficaci di un campione di terreno sottoposto a condizioni di sollecitazione triassiale; la prova può inoltre essere utilizzata per la determinazione dei parametri di deformabilità drenati.

5.3.8.2 Normative e specifiche di riferimento

* A.G.I. (1994) - Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio - Prove di compressione triassiale su terre coesive

5.3.8.3 Modalità di prova

La prova sarà eseguita su tre provini cilindrici di diametro non inferiore a 35 mm e rapporto altezza/diametro compreso tra 2 e 2.5 preparati con apposito tornietto campionario a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione direttamente nel campione da analizzare apposita fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella. Il diametro dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 6 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. Particolare importanza assume la preparazione delle facce terminali dei provini che dovranno essere perfettamente piane e perpendicolari all'asse dei provini. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale. La prova verrà condotta attraverso tre distinte fasi: saturazione, consolidazione e rottura.

Fase di saturazione: la saturazione preliminare sarà condotta attraverso l'applicazione di back-pressure in diversi gradini di pressione di entità variabile in funzione delle caratteristiche di consistenza dei terreni in prova e comunque mai superiori a 50 kPa; durante tutta la fase di saturazione si dovrà mantenere una differenza di pressione tra pressione di cella e back-pressure compresa tra 5 e 10 kPa al fine di evitare premature consolidazioni dei provini.

Dopo ogni gradino di saturazione, una volta raggiunta la completa stabilizzazione delle pressioni, si provvederà alla misura del grado di saturazione raggiunto attraverso la determinazione del parametro B; la fase di saturazione potrà essere conclusa solo quando il parametro B assume valori superiori a 0.95.

Fase di consolidazione: la fase di consolidazione sarà condotta incrementando la pressione di cella fino a raggiungere il prefissato valore della pressione di consolidazione da adottare per ciascun provino stabilito dalla Direzione Lavori. Dopo la stabilizzazione della pressione interstiziale conseguente l'incremento tensionale applicato si avvierà la fase di consolidazione consentendo il drenaggio e registrando le variazioni di volume ed eventualmente le variazioni di pressione interstiziale in funzione del tempo.

Dal diagramma variazione di volume - logaritmo del tempo, o in alternativa variazione di volume - radice quadrata del tempo, si determinerà il tempo di fine consolidazione t_{100} che sarà assunto come parametro base per il calcolo della velocità di rottura.

Fase di rottura: durante la fase di rottura, che avverrà in condizioni di drenaggio consentito si incrementerà progressivamente lo sforzo deviatorico, mantenendo fissa la pressione di cella, fino ad ottenere deformazioni assiali non inferiori al 20%. Al fine di evitare l'insorgere di sovrappressioni idrauliche conseguenti l'incremento tensionale, la velocità di deformazione v_r sarà stabilita sulla base del t_{100} di fine consolidazione e della deformazione attesa a rottura ε_r secondo la seguente equazione:

$$v_r = (H_c * \varepsilon_r) / (15 * t_{100})$$

con H_c = altezza del provino al termine della fase di consolidazione

I valori di ε_r , funzione del tipo di materiale, risultano generalmente compresi tra un valore minimo del 2 %, valido per terreni molto consistenti, sovraconsolidati, ad un valore massimo del 10÷12 % valido per terreni coesivi teneri.

Durante tutta la fase di rottura verranno monitorati e registrati, ad intervalli di tempo opportuni, i valori di sforzo deviatorico, deformazione assiale e variazione volumetrica. Durante tutta la fase di rottura si monitorerà inoltre la pressione interstiziale al fine di controllare che non subisca variazioni superiori al 5 % rispetto al valore assunto al termine della fase di consolidazione.

5.3.8.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e dei provini sottoposti a prova;
- dimensioni iniziali dei provini;
- contenuto d'acqua dei provini;
- velocità di deformazione adottata nella fase di rottura;
- tabella di sintesi con i valori di sforzo deviatorico, deformazione assiale, variazione volumetrica e pressione

interstiziale registrati per ciascun provino in fase di rottura (se espressamente richiesto dalla Direzione Lavori);

- diagramma sforzo deviatorico - deformazione assiale per ciascun provino;
- diagramma variazione volumetrica - deformazione assiale per ciascun provino;
- valori dello sforzo deviatorico e della deformazione assiale a rottura per ciascun provino;
- rappresentazione dello sforzo a rottura in termini di sforzi efficaci nel piano σ/τ a mezzo di cerchi di Mohr con indicazione dell'involuppo di rottura;
- indicazione del valore di resistenza al taglio del campione esaminato espresso in termini di tensioni efficaci dai parametri c' e ϕ' ;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico; manometri o trasduttori di pressione) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3.9 Prova di taglio diretto consolidata – drenata

5.3.9.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione dei parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate di campioni di terreno sottoposti a sollecitazioni di taglio.

5.3.9.2 Normative e specifiche di riferimento

- * ASTM D 3080 / 3080M - 11 - Standard Test Method for Direct Shear Test Of Soils Under Consolidated Drained Conditions
- * A.G.I. (1994) - Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio - Prove di taglio diretto

5.3.9.3 Modalità di prova

La prova sarà eseguita su tre provini cilindrici o a sezione quadrata di diametro o lato non inferiore a 50 mm e rapporto diametro/altezza compreso tra 2 e 2.5 preparati con apposito tornietto campionatore a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione direttamente nel campione da analizzare apposita fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella. L'altezza dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 6 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. Particolare importanza assume la preparazione delle facce terminali dei provini che dovranno essere perfettamente piane e perpendicolari all'asse dei provini. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

La prova si articola nelle due distinte fasi di consolidazione e di taglio.

Fase di consolidazione: nella fase di consolidazione viene gradualmente incrementato il carico assiale applicato al provino fino al raggiungimento della pressione di consolidazione indicata dalla Direzione Lavori per ciascun provino. Durante la fase di consolidazione si monitoreranno le deformazioni assiali in funzione del tempo, in modo da poter stabilire la fine della fase di consolidazione primaria prima di ciascun incremento di carico, in analogia a quanto indicato per le prove edometriche ad incrementi di carico controllati. I valori delle deformazioni assiali in funzione del tempo relativi all'ultimo gradino di carico saranno registrati e diagrammati in funzione del logaritmo o della radice quadrata del tempo per la determinazione del t_{100} di fine consolidazione assunto come parametro base per il calcolo della velocità di rottura.

Fase di rottura: nella fase di rottura verrà gradualmente incrementato il carico orizzontale fino ad ottenere deformazioni orizzontali non inferiori al 15% del diametro iniziale del provino.

Al fine di evitare l'insorgere di sovrappressioni idrauliche conseguenti l'incremento tensionale, la velocità di deformazione v_r sarà stabilita sulla base del t_{100} di fine consolidazione e dello scorrimento orizzontale atteso a rottura δ_r secondo la seguente equazione:

$$v_r = \delta_r / (10 * t_{100})$$

Per quanto riguarda i valori dello scorrimento a rottura, funzione del tipo di materiale in prova, si forniscono i seguenti valori indicativi:

Scorrimento a rottura

<i>Tipo di terreno</i>	<i>Scorrimento a rottura [mm]</i>
argille tenere	8
argille sovraconsolidate	2 ÷ 5
argille molto sovraconsolidate	1 ÷ 2
sabbie	1 ÷ 5

Durante la fase di rottura si monitoreranno e si registreranno ad opportuni intervalli temporali i valori di spostamento orizzontale, deformazione verticale e resistenza al taglio.

Ove indicato, al termine della fase di rottura si procederà alla determinazione della resistenza residua effettuando almeno quattro cicli completi di andata e ritorno della scatola di taglio fino a fondo corsa alla medesima velocità di scorrimento adottata per la determinazione della resistenza di picco (procedura completa), controllando in ogni caso che si sia raggiunta la completa stabilizzazione della curva resistenza al taglio - scorrimento orizzontale.

La resistenza residua può essere determinata anche attraverso l'esecuzione di 5 cicli di taglio veloci, condotti a velocità di scorrimento compresa tra 1 e 2 mm/min. fino a deformazioni del 15% per ciascun ciclo, e di un ciclo di taglio finale con misura della resistenza al taglio in funzione dello scorrimento orizzontale, condotto alla medesima velocità di scorrimento adottata per la determinazione della resistenza di picco (procedura semplificata).

5.3.9.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e dei provini sottoposti a prova;
- dimensioni iniziali dei provini;
- contenuto d'acqua dei provini;
- diagramma deformazione verticale - logaritmo del tempo, o in alternativa deformazione verticale - radice quadrata del tempo per ciascun provino;
- velocità di deformazione adottata nella fase di rottura;
- diagramma resistenza al taglio - scorrimento orizzontale per ciascun provino;
- diagramma deformazione verticale - scorrimento orizzontale per ciascun provino;
- eventuale diagramma cumulato resistenza al taglio - scorrimento orizzontale per la determinazione della resistenza residua;
- valori della resistenza al taglio e dello scorrimento orizzontale a rottura per ciascun provino;
- eventuali valori della resistenza al taglio residua e del relativo scorrimento orizzontale per ciascun provino;
- rappresentazione dello stato di sollecitazione a rottura ed eventualmente allo stato residuo di tutti i provini sottoposti a prova espresso in termini di sforzi efficaci nel piano σ/τ con indicazione dell'involuppo di rottura;
- indicazione del valore di resistenza al taglio di picco ed eventualmente residua del campione esaminato espresso in termini di tensioni efficaci dai parametri c' e ϕ' ;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3.10 Prova di taglio anulare

5.3.10.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione della resistenza al taglio residua di campioni di terreno sottoposti a sforzi di taglio torsionale.

5.3.10.2 Normative e specifiche di riferimento

* BS 1377 - Methods of test for soils for civil engineering purposes - Part 8: Shear strength tests

5.3.10.3 Modalità di prova

La prova di taglio anulare sarà eseguita su materiale rimaneggiato con apparecchiatura tipo Bromhead con l'esecuzione sul medesimo provino di almeno 3 punti di prova a diversi valori della pressione di consolidazione. Il provino da sottoporre a prova, costituito da materiale passante al setaccio ASTM n° 40, sarà sottoposto ad un preventivo trattamento di rimaneggiamento, saturazione ed omogeneizzazione e sarà quindi assemblato nella cella anulare dell'apparecchio di taglio.

Successivamente si realizzerà la prima fase di consolidazione con applicazione del carico verticale indicato dalla Direzione Lavori, registrando le deformazioni assiali in funzione del tempo al fine di individuare il termine della fase di consolidazione primaria.

Si incrementerà quindi progressivamente la sollecitazione torsionale in maniera sufficientemente lenta per evitare l'insorgere di pressioni interstiziali raggiungendo valori di deformazione angolari sufficientemente elevati, tali in ogni caso da ottenere la completa stabilizzazione della resistenza torsionale registrata.

Al termine della fase di rottura relativa al primo livello di tensione di consolidazione si incrementerà la tensione verticale ripetendo i passi descritti in precedenza per tutti i punti di prova previsti.

5.3.10.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e del provino sottoposto a prova;
- dimensione iniziale del provino;
- contenuto d'acqua iniziale del provino;
- diagramma deformazione verticale - logaritmo del tempo, o in alternativa deformazione verticale - radice quadrata del tempo per ciascun gradino di consolidazione;
- velocità di deformazione angolare adottata nella fase di taglio;
- diagramma resistenza al taglio - deformazione angolare per ciascuna fase di taglio;
- valori della resistenza al taglio e della deformazione angolare finale per ciascuna fase di taglio;
- rappresentazione in termini di sforzi efficaci nel piano σ/τ di tutti i punti di prova con indicazione dell'involuppo di resistenza;
- indicazione del valore di resistenza al taglio residua del campione esaminato espresso in termini di tensioni efficaci dal parametro ϕ'_r ;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3.11 Prove di costipamento

5.3.11.1 Generalità

Le prove di costipamento consistono nella determinazione delle caratteristiche ottimali di compattazione di materiali naturali e possono essere eseguite con diverse energie di compattazione.

Il campione fornito al laboratorio dovrà avere una massa non inferiore a 50 kg.

5.3.11.2 Prova di costipamento tipo Proctor AASHTO Standard

5.3.11.2.1 Normative e specifiche di riferimento

* ASTM D 698 – 12 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (600 kNm/m³)

* CNR B.U. n. 69 – Norme sui materiali stradali – Prova di costipamento di una terra.

5.3.11.2.2 Modalità di prova

La prova per la determinazione delle condizioni ottimali di compattazione di materiali naturali, condotta con la determinazione di almeno 4-5 punti significativi, dovrà essere eseguita con energia di compattazione unitaria pari a 589 kJ/m³ in fustella di volume pari a 2124 ± 25 cm³ per terreni granulari e in fustella pari a 944 ± 11 cm³ per terreni a grana fine, compattando il materiale in 3 strati successivi con 25 o 56 colpi per ciascun strato a seconda della fustella usata; il compattatore impiegato, manuale o motorizzato, dovrà essere dotato di una massa battente del peso di 2.49 ± 0.01 kg con altezza di caduta pari a 304.8 ± 1.6 mm.

Durante la compattazione particolare cura dovrà essere posta nell'assicurare una omogenea distribuzione dei

colpi del compattatore.

Il materiale da sottoporre a prova dovrà preventivamente essere setacciato impiegando i setacci ASTM n° 4, 3/4" e 3" al fine di individuare la metodologia di preparazione da adottare secondo il seguente schema:

Preparazione materiale

<i>Setaccio ASTM</i>	<i>Trattenuto [%]</i>	<i>Preparazione materiale</i>
4	≤ 7	Eliminare il trattenuto al setaccio ASTM n° 4
3/4"	≤ 10	Eliminare il trattenuto al setaccio ASTM 3/4"
3/4"	≤ 30	Setacciare il trattenuto al 3/4" al 3"; eliminare il trattenuto al 3" e sostituire il materiale passante al 3" e trattenuto al 3/4" con un analogo quantitativo di materiale passante al 3/4" e trattenuto al n° 4. Correggere i risultati ottenuti in conformità a quanto riportato nello Standard ASTM D 4718/4718M - 15.
3/4"	> 30	Prova non eseguibile; necessità di fustelle speciali.

Nella fase di preparazione particolare cura dovrà essere posta al fine di garantire una omogenea distribuzione dell'acqua progressivamente aggiunta e alla miscelazione del materiale.

L'attrezzatura di prova dovrà periodicamente (indicativamente ogni 1000 prove) essere sottoposta a calibrazione con controllo e verifica delle tolleranze dimensionali relative a dimensioni della fustella massa battente ed altezza di caduta.

5.3.11.2.3 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni della fustella;
- tabella riassuntiva con l'indicazione dei valori di peso di peso di volume e contenuto d'acqua di ciascun punto di prova;
- valori ottimali di densità secca e di umidità di compattazione;
- diagramma densità secca - umidità;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, termostato) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3.11.3 Prova di costipamento tipo Proctor AASHTO Modificato

5.3.11.3.1 Normative e specifiche di riferimento

- ASTM D 1557 - 12 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (2.700 kNm/m³)
- CNR B.U. n. 69 – Norme sui materiali stradali – Prova di costipamento di una terra.

5.3.11.3.2 Modalità di prova

La prova per la determinazione delle condizioni ottimali di compattazione di materiali naturali, condotta con la determinazione di almeno 4-5 punti significativi, dovrà essere eseguita con energia di compattazione unitaria pari a 2682 kJ/m³, in fustella di volume pari a 2124 ± 25 cm³ per terreni granulari e in fustella pari a 944 ± 11 cm³ per terreni a grana fine, compattando il materiale in 5 strati successivi con 25 o 56 colpi per ciascun strato a seconda della fustella usata; il compattatore impiegato, manuale o motorizzato, dovrà essere dotato di una massa battente del peso di 4.54 ± 0.01 kg con altezza di caduta pari a 457.2 ± 1.6 mm.

Durante la compattazione particolare cura dovrà essere posta nell'assicurare una omogenea distribuzione dei colpi del compattatore.

Il materiale da sottoporre a prova dovrà preventivamente essere setacciato impiegando i setacci ASTM n° 4,

3/4" e 3" al fine di individuare la metodologia di preparazione da adottare secondo il seguente schema:

Preparazione materiale

<i>Setaccio ASTM</i>	<i>Trattenuto [%]</i>	<i>Preparazione materiale</i>
4	≤ 7	Eliminare il trattenuto al setaccio ASTM n° 4
3/4"	≤ 10	Eliminare il trattenuto al setaccio ASTM 3/4"
3/4"	≤ 30	Setacciare il trattenuto al 3/4" al 3"; eliminare il trattenuto al 3" e sostituire il materiale passante al 3" e trattenuto al 3/4" con un analogo quantitativo di materiale passante al 3/4" e trattenuto al n° 4. Correggere i risultati ottenuti in conformità a quanto riportato nello Standard ASTM D 4718/4718M - 15.
3/4"	> 30	Prova non eseguibile; necessità di fustelle speciali.

Nella fase di preparazione particolare cura dovrà essere posta al fine di garantire una omogenea distribuzione dell'acqua progressivamente aggiunta e alla miscelazione del materiale.

L'attrezzatura di prova dovrà periodicamente (indicativamente ogni 1000 prove) essere sottoposta a calibrazione con controllo e verifica delle tolleranze dimensionali relative a dimensioni della fustella massa battente ed altezza di caduta.

5.3.11.3.3 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni della fustella;
- tabella riassuntiva con l'indicazione dei valori di peso di peso di volume e contenuto d'acqua di ciascun punto di prova;
- valori ottimali di densità secca e di umidità di compattazione;
- diagramma densità secca - umidità;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, termostato) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3.12 Prova CBR

5.3.12.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione delle caratteristiche di portanza quale sottofondo di materiali compattati, espressa a mezzo dell'indice di portanza californiano (CBR).

Per la corretta esecuzione della prova è necessario che il campione fornito al laboratorio abbia una massa non inferiore a 100 kg.

5.3.12.2 Normative e specifiche di riferimento

- * ASTM D 1883 - 21 - Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- * UNI EN 13286-47:2022 – Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento

5.3.12.3 Modalità di prova

Al fine di poter compiutamente analizzare l'influenza delle diverse variabili in gioco la prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR si eseguirà su materiale compattato con 3 diverse energie di compattazione e con almeno 5 valori di contenuto d'acqua, impiegando fustelle di volume pari a 2124 ± 25 cm³, compattando il materiale in 5 strati successivi con compattatore, manuale o motorizzato, dotato di una massa battente del peso di 4.54 ± 0.01 kg con altezza di caduta pari a 457.2 ± 1.6 mm; i tre diversi livelli energetici di compattazione saranno realizzati utilizzando rispettivamente 56, 25 e 10 colpi per ciascuno strato.

Le modalità di compattazione saranno analoghe a quelle adottate per le prove Proctor.

Il materiale da sottoporre a prova dovrà essere preliminarmente preparato sostituendo l'eventuale frazione trattenuta al setaccio ASTM 3/4" con un analogo quantitativo di materiale passante al 3/4" e trattenuto al setaccio ASTM n° 4.

I test di penetrazione dovranno seguire ciascuna fase di compattazione; ove richiesto, i test di penetrazione dovranno essere eseguiti anche dopo saturazione in acqua di durata non inferiore a 96 ore. La penetrazione dovrà essere condotta ad una velocità pari a 1.27 mm/min. fino ad un valore massimo di 12.7 mm impiegando un pistone del diametro di 49.63 ± 0.13 mm; durante la penetrazione si effettueranno ad intervalli regolari letture di penetrazione e corrispondente livello di carico raggiunto.

Da ciascuna curva di penetrazione, eventualmente corretta in caso di iniziale concavità verso l'alto, si otterrà il carico corrispondente alla penetrazione di 2.54 mm che, rapportato al carico di riferimento di 13.24 kN, fornisce il valore dell'indice CBR. Come controllo si dovrà calcolare anche l'indice CBR relativo alla penetrazione di 5.08 mm (carico di riferimento = 19.96 kN) che dovrà risultare inferiore a quello relativo alla penetrazione di 2.54 mm; in caso contrario si dovrà ripetere il test e se dovesse permanere la medesima situazione si assumerà come indice CBR quello relativo alla penetrazione di 5.08 mm.

Tutti i valori dell'indice CBR così ottenuti (almeno 15) saranno poi diagrammati in funzione della densità secca e del contenuto d'acqua del campione.

Si indicherà poi come indice CBR di riferimento il valore minore ottenuto per valori di densità secca maggiori o pari al 95% della densità ottimale ottenuta con la massima energia di compattazione.

In alternativa alla costruzione delle curve iso-CBR al variare dell'energia e dell'umidità di costipamento (procedura completa), potrà essere analizzata la variabilità dell'indice CBR per un'unica energia di costipamento al variare delle condizioni di umidità operando su 5 punti di prova (procedura semplificata).

5.3.12.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni della fustella;
- tabella riassuntiva con l'indicazione dei valori di peso di volume e contenuto d'acqua di ciascun punto di prova;
- valori ottimali di densità secca e di umidità di compattazione per ciascuna energia di compattazione;
- curve di penetrazione relative a ciascun punto di prova;
- diagramma indice CBR - umidità
- diagramma indice CBR - densità secca
- diagramma densità secca - umidità;
- valore dell'indice CBR di riferimento.
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3.13 Prova di permeabilità diretta con permeametro a carico idraulico costante

5.3.13.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione del coefficiente di permeabilità di terreni granulari rimaneggiati ottenuto per via diretta in apparecchiatura a carico costante.

5.3.13.2 Normative e specifiche di riferimento

* ASTM D 2434 - 68 (06) - Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)

5.3.13.3 Modalità di prova

La prova sarà eseguita su materiali granulari rimaneggiati con frazione passante al setaccio ASTM n° 200 inferiore al 10% e completamente passanti al setaccio ASTM 3/4".

Il diametro della cella di permeabilità da utilizzare sarà stabilito in funzione delle dimensioni massime dei grani costituenti il campione in esame e della sua distribuzione granulometrica in accordo a quanto indicato nella seguente tabella:

Diametro della cella di prova

<i>Diametro massimo [mm]</i>	<i>Trattenuto al setaccio ASTM n° 10 [%]</i>	<i>Trattenuto al setaccio ASTM 3/8" [%]</i>	<i>Diametro cella [mm]</i>
9.5	< 35	-	76
9.5	≥ 35	-	114
19.0	-	< 35	152
19.0	-	≥ 35	229

Il materiale da sottoporre a prova dovrà essere posto nel permeametro in strati sottili aventi spessore dopo compattazione pari alla dimensione massima delle particelle; la deposizione del materiale dovrà avvenire col metodo della deposizione pluviale a secco, o eventualmente in acqua.

Dopo la deposizione ciascuno strato sarà portato alla densità stabilita per la prova con compattazione dinamica o per vibrazione.

Prima dell'esecuzione della prova si dovrà poi operare la completa disaerazione e saturazione del campione applicando a mezzo pompa a vuoto un flusso di acqua disaerata dal basso verso l'alto del campione.

Successivamente, stabilito un carico idraulico h , si darà inizio alla prova misurando ad intervalli di tempo regolari la quantità di flusso Q che attraversa il campione fino alla completa stabilizzazione; la prova sarà poi ripetuta per almeno altri quattro valori di carico idraulico al fine di individuare correttamente la regione a flusso laminare, caratterizzata dalla relazione lineare di proporzionalità diretta tra velocità di flusso v e gradiente idraulico i .

Il valore del coefficiente di permeabilità k da indicare nel rapporto finale sarà determinato nella regione di flusso laminare e stazionario attraverso l'equazione:

$$k = v/i$$

con: $v = Q/At$
 $i = h/L$

dove Q = quantità d'acqua filtrata
 A = sezione del campione
 t = tempo
 h = carico idraulico
 L = lunghezza di filtrazione

5.3.13.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni della cella di prova;
- metodologia di preparazione adottata;
- valore del coefficiente di permeabilità k riferito alla temperatura di 20 °C;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3.14 Prova di permeabilità a carico costante in cella triassiale

5.3.14.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione per via diretta della conducibilità idraulica (coefficiente di permeabilità) di campioni indisturbati o ricompattati a grana fine e molto fine.

5.3.14.2 Normative e specifiche di riferimento

* ASTM D 5084 – 16A - Standard Test Methods For Measurement Of Hydraulic Conductivity Of Saturated Porous Materials Using A Flexible Wall Permeameter.

5.3.14.3 Modalità di prova

La prova sarà eseguita su un provino cilindrico, di diametro non inferiore a 35 mm e rapporto altezza/diametro compreso tra 2 e 2.5, preparato con apposito tornietto campionario a partire da campioni indisturbati o ricompattati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione direttamente nel campione da analizzare apposita fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella. Il diametro del provino dovrà in ogni caso essere maggiore di 6 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. Particolare importanza assume la preparazione delle facce terminali del provino che dovranno essere perfettamente piane e perpendicolari all'asse del provino. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

La prova verrà condotta attraverso tre distinte fasi: saturazione, consolidazione e misura della conducibilità idraulica.

Fase di saturazione: la saturazione preliminare sarà condotta attraverso l'applicazione di back-pressure, alla base e alla testa del provino, in diversi gradini di pressione di entità variabile in funzione delle caratteristiche di consistenza dei terreni in prova e comunque mai superiori a 50 kPa; durante tutta la fase di saturazione si dovrà mantenere una differenza di pressione tra pressione di cella e back-pressure compresa tra 5 e 10 kPa al fine di evitare premature consolidazioni dei provini.

Dopo ogni gradino di saturazione, una volta raggiunta la completa stabilizzazione delle pressioni, si provvederà alla misura del grado di saturazione raggiunto attraverso la determinazione del parametro B; la fase di saturazione potrà essere conclusa solo quando il parametro B assumerà valori superiori a 0.95.

Fase di consolidazione: la fase di consolidazione sarà condotta incrementando la pressione di cella fino a raggiungere il prefissato valore della pressione di consolidazione da adottare. Dopo la stabilizzazione della pressione interstiziale conseguente l'incremento tensionale applicato si avvierà la fase di consolidazione consentendo il drenaggio e registrando le variazioni di volume ed eventualmente le variazioni di pressione interstiziale in funzione del tempo.

Fase di misura della conducibilità idraulica: il metodo maggiormente usato è quello a carico costante, utilizzando le due linee di back pressure (già in uso nella fase di saturazione) per creare un gradiente idraulico ascendente o discendente. La misura del flusso idraulico è realizzata con due burette di variazione di volume inserite lungo le linee di back pressure.

Per la scelta del gradiente idraulico da utilizzare si forniscono i seguenti valori indicativi:

<i>Conducibilità idraulica (cm/s)</i>	<i>Gradiente idraulico massimo [kPa]</i>
$10^{-3} - 10^{-4}$	2
$10^{-4} - 10^{-5}$	5
$10^{-5} - 10^{-6}$	10
$10^{-6} - 10^{-7}$	20
$>10^{-7}$	30

Dopo la stabilizzazione del flusso (variazione di volume nella buretta in entrata uguale alla variazione di volume nella buretta in uscita) si procederà, ad intervalli regolari, alla registrazione della variazione di volume in ambedue le burette.

Con i dati rilevati si procederà quindi alla costruzione del diagramma della velocità di flusso ed al calcolo del coefficiente di permeabilità k in m/sec.

5.3.14.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensione iniziale del provino;
- contenuto d'acqua iniziale del provino;
- Diagramma della velocità di flusso (variazione di volume in funzione del tempo);
- valore del coefficiente di permeabilità k riferito alla temperatura di 20 °C;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

5.3.15 Esame petrografico allo stereomicroscopio

5.3.15.1 Generalità

La prova consiste in un esame petrografico allo stereo microscopio (facoltativo in luce polarizzata) di aggregati allo scopo della loro classificazione generale.

5.3.15.2 Normative e specifiche di riferimento

- UNI EN 932-3 - Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati – Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata;
- UNI EN 932-1 - Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati – Metodo di campionamento;
- CNR BU n.104/84 - Identificazione delle rocce impiegate come aggregati stradali.

5.3.15.3 Modalità di prova

La prova viene consiste nell'esame del campione finalizzato ad individuare e descrivere le caratteristiche petrografiche dei costituenti di un aggregato mediante l'utilizzo di setacci di prova, lente manuale, temperino, microscopio stereoscopico con ingrandimento da 10x a 100x (microscopio polarizzatore facoltativo), reagente (acido cloridrico diluito), magnete (facoltativo).

5.3.15.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione del campione (sigla sondaggio, profondità di prelievo, peso);
- data di campionamento e prova;
- descrizione della composizione petrografica del campione e dei litotipi riconosciuti;
- indicazione della percentuale in peso sul totale dei litotipi riconosciuti;
- fotografie del campione allo stato naturale e allo stereomicroscopio.

5.3.16 Prova a carico concentrato Point Load Test

5.3.16.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione della resistenza al carico puntuale di una roccia per la sua classificazione e caratterizzazione geomeccanica. Con questo metodo di prova possono essere testati campioni sotto forma di carote, di blocchi o di forma irregolare. La prova può essere eseguita in laboratorio o sul campo con attrezzatura portatile.

5.3.16.2 Normative e specifiche di riferimento

- ASTM D5731 - 16 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications.

5.3.16.3 Modalità di prova

La prova viene eseguita posizionando un campione di roccia tra due punte troncoconiche d'acciaio con angolo di 60° e sottoponendolo ad un carico puntuale fino a raggiungere la rottura del campione. Il valore del carico di rottura viene utilizzato per calcolare l'indice di resistenza al carico puntuale del campione e a stimare la resistenza alla compressione uniassiale della roccia.

5.3.16.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione del campione;

- descrizione fisica del campione (tipo di roccia, posizione e orientamento delle discontinuità, inclusioni o disomogeneità, se presenti);
- data di campionamento e prova;
- indicazione delle condizioni di umidità del campione al momento della prova;
- spessore/lunghezza media e diametro medio del campione di prova;
- carico massimo applicato (carico di rottura);
- direzione del carico;
- numero di campioni testati;
- il valore non corretto e corretto dell'indice di resistenza al carico puntuale;
- il valore stimato della resistenza alla compressione uniassiale;
- il valore calcolato dell'indice di anisotropia della forza;
- fotografie dei campioni testati prima e dopo la prova.

5.3.17 Prova di abrasività Cerchar

5.3.17.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione dell'indice Cerchar Abrasivity Index (CAI) utile per la valutazione dell'abrasività di un materiale roccioso nei confronti degli utensili utilizzati per lo scavo meccanizzato.

5.3.17.2 2.3.18.2 Normative e specifiche di riferimento

- ASTM D7625 - 22 - Standard Test Method for Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method;

5.3.17.3 Modalità di prova

Un campione di roccia, a forma di disco o irregolare, viene fissato saldamente all'interno dell'apparato di prova. Lo stilo di prova, una volta affilato, viene abbassato con cautela sulla superficie del campione e caricato con una forza normale di 70 N. Una volta posizionato e caricato, lo stilo viene spostato per una distanza totale di 10 mm sulla superficie di prova. A seguito dello spostamento viene misurata con un microscopio con precisione di 0,01 mm la superficie di usura della punta dello stilo. Il valore di CAI viene calcolato moltiplicando la superficie di usura indicata in unità di 0,01 mm per 10.

5.3.17.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- origine del campione, data di campionamento;
- data della prova;
- ambiente di stoccaggio/test (saturo, come ricevuto, essiccato all'aria, essiccato in forno);
- descrizione macroscopica del campione;
- dimensione massima della grana;
- piani di debolezza o anisotropia (se presenti);
- direzione del graffio rispetto ai piani di debolezza o anisotropia
- condizioni della superficie (ruvida, segata)
- durezza Rockwell HRC dello stilo;
- tipo di apparecchiatura di prova (Tipo 1, Tipo 2);
- diametro della punta abrasa a 0° e 90°;
- metodo di misurazione (vista laterale, vista dall'alto, ottica, digitale);
- valore di CAI "come misurato", media e deviazione standard e, se del caso, i valori equivalenti per CAI0;
- classificazione del campione secondo il valore di CAI risultato;
- fotografie dei campioni testati prima e dopo la prova.

5.3.18 Prova di perforabilità Sievers' Miniature Drill Test (SJ)

5.3.18.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione dell'indice Sievers'J-Value (SJ) utile per la valutazione del grado di durezza superficiale di un materiale roccioso nei confronti di utensili utilizzati per lo scavo, e per la determinazione del Drilling Rate Index (DRI).

5.3.18.2 Normative e specifiche di riferimento

- NTNU/SINTEF 2003.

5.3.18.3 Modalità di prova

SJ è definito come il valore medio delle profondità di perforazione misurate in 1/10 mm, dopo 200 giri della punta da trapano miniaturizzata da 8,5 mm. La procedura standard consiste nell'utilizzare una superficie del campione pretagliata perpendicolarmente alla foliazione della roccia; SJ viene quindi misurato parallelamente alla foliazione. Il test SJ viene normalmente eseguito con 4–8 perforazioni, a seconda delle variazioni della tessitura del campione. SJ è riportato come valore medio delle perforazioni eseguite. I valori di SJ possono tuttavia in alcuni casi mostrare una variabilità tale da richiedere l'esecuzione di più di 8 perforazioni per ottenere un valore medio rappresentativo.

5.3.18.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- origine del campione, data di campionamento;
- data della prova;
- descrizione macroscopica del campione;
- ambiente di stoccaggio/test (saturo, come ricevuto, essiccato all'aria, essiccato in forno);
- numero di prove eseguite;
- lettura finale del comparatore;
- penetrazione della punta;
- indice SJ per ogni prova e medio;
- fotografie dei campioni testati prima e dopo la prova.

5.3.19 Prova di frammentazione Brittleness Value Test S20

5.3.19.1 Generalità

La prova consiste nella determinazione dell'indice denominato Brittleness Value S20 utile per la valutazione della capacità di una roccia di resistere a impatti ripetuti da parte di un percussore, e per la determinazione del Drilling Rate Index (DRI).

5.3.19.2 Normative e specifiche di riferimento

- NTNU/SINTEF 2003.

5.3.19.3 Modalità di prova

Il valore di S20 è la media di 3-5 test eseguiti in parallelo su altrettante estrazioni da un campione rappresentativo e omogeneizzato di roccia frantumata e setacciata. A seguito della preparativa il quantitativo di campione da sottoporre a prova per la determinazione di S20 corrisponde a circa 500 g di frazione compresa tra 11,2-16 mm. S20 è definito come la percentuale di materiale passante attraverso il setaccio più fine (11,2 mm) a seguito di 20 impatti di un peso di 14 kg lasciato cadere da un'altezza di circa 25 cm.

2.3.20.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- origine del campione, data di campionamento;
- data della prova;
- descrizione macroscopica del campione;
- ambiente di stoccaggio/test (saturo, come ricevuto, essiccato all'aria, essiccato in forno);
- numero di prove eseguite;
- lettura finale del comparatore;
- peso di volume del campione;
- fattore di appiattimento (Flakiness "f");
- indice S20 per ogni prova e medio;
- fotografie dei campioni testati prima e dopo la prova.

5.3.20 Prova Cone Indenter Test NCB

5.3.20.1 Generalità

Il penetrometro a cono tipo NCB è stato sviluppato come strumento portatile per la valutazione della durezza

di una roccia senza la necessità di una forma accurata e precisa dei campioni di prova. La prova consiste nel determinare la durezza di una roccia attraverso la misurazione della resistenza offerta alla penetrazione di una punta conica caricata con una forza nota.

5.3.20.2 Normative e specifiche di riferimento

- Cone Indenter Test - NCB 1977;
- MRDE, 1977. NCB Cone Indenter. Handbook No.5, Burton on Trent.

5.3.20.3 Modalità di prova

Lo strumento di prova è costituito da un telaio in acciaio con fissata una barra in acciaio lungo il suo asse orizzontale. Al centro della sezione longitudinale dello strumento è montato un comparatore con punto di misura posizionato a contatto con la barra in modo che qualsiasi flessione della stessa possa essere rilevata e misurata dal comparatore.

Sul lato opposto del telaio è montato un micrometro con punta conica in carburo di tungsteno inserita nel suo mandrino. Il micrometro misura la profondità di penetrazione della punta conica e la flessione della barra in acciaio. La flessione della barra in acciaio è tarata per rappresentare una forza nota, ad es. una flessione di 0,635 mm equivale a una forza di 40 N corrispondente alla forza standard applicata per determinare la durezza della roccia mediante Cone Indenter Test. L'effettiva profondità di penetrazione della punta nella roccia viene calcolata sottraendo la distanza di flessione della barra misurata dal comparatore dalla distanza totale misurata dal micrometro sul lato opposto.

I campioni da sottoporre a prova NCB sono costituiti da carote di roccia di circa 38 mm di diametro e 6-8 mm di spessore; in alternativa può essere utilizzata qualsiasi forma di campione purché non superi lo spessore massimo consentito di 6-8 mm tra la punta conica e la barra flettente. Nel caso si testino entrambi i lati del campione, possono essere effettuate approssimativamente 20 determinazioni per ogni lato.

Al fine di ottenere un valore di prova attendibile lo spessore massimo del campione non dovrebbe essere maggiore di 15 mm e non inferiore a 6 mm. I migliori risultati si ottengono da provini cilindrici di 38 mm di diametro o prismatici di dimensioni di circa 25 mm x 25 mm entrambi con spessore di 10 mm.

Il valore di durezza NCB (I) si ottiene dividendo la forza applicata per la quantità residua di penetrazione della punta conica ed è calcolato come segue:

$$I = D/P$$

Dove:

I = indice di penetrazione della punta conica;

D = flessione della barra, mm.

P = penetrazione della punta conica, mm.

Per rocce deboli viene utilizzato un carico di 12 N che richiede una flessione della barra di 0,23 mm. Per rocce dure viene utilizzato un carico di 110 N che richiede una flessione della barra di 1,27 mm. Per rocce molto deboli o friabili (p. es. terreno cementato) è necessario aumentare lo spessore del provino fino a 50 mm di spessore e utilizzare un penetrometro "a peso morto".

5.3.20.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- origine del campione, data di campionamento;
- data della prova;
- descrizione macroscopica del campione;
- numero di prove eseguite;
- parametri misurati durante la prova;
- indice NCB per ogni prova e medio;
- fotografie dei campioni testati prima e dopo la prova.

5.3.21 Prova Punch Penetration Test.

5.3.21.1 Generalità

La prova consiste nel determinare la durezza di un materiale roccioso attraverso l'analisi della misurazione della resistenza offerta alla penetrazione di una punta conica di carburo di tungsteno.

5.3.21.2 Normative e specifiche di riferimento

- Punch Penetration Test - Colorado School of Mines – Handewitt 1970.

5.3.21.3 Modalità di prova

Il campione viene inserito in una fustella metallica e lo spazio residuo viene riempito con una boiaccia di riempimento, al fine di simulare così le condizioni di confinamento parziale che si hanno in corrispondenza del fronte di scavo. Il provino è sottoposto alla penetrazione, a velocità costante e pari a 0.0254 mm/sec, di una punta conica di carburo di tungsteno, che presenta un angolo di 120° ed un raggio di 3.175 mm. Durante la prova vengono misurati i valori di forza applicata e di penetrazione raggiunta, fino a raggiungere il limite di 6.35 mm di avanzamento. Si ottiene così un grafico forza-penetrazione caratteristico del campione.

5.3.21.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- origine del campione, data di campionamento;
- data della prova;
- tipo di roccia;
- tipologia di strumentazione;
- forza di prima frattura (FF);
- forza raggiunta con una penetrazione di 3.5 mm;
- forza massima raggiunta durante la prova;
- indice di penetrazione;
- resistenza a compressione equivalente;
- energia specifica;
- penetrazione specifica;
- documentazione fotografica prima e dopo la prova.

5.3.22 Prova per la determinazione della conducibilità termica di un terreno

5.3.22.1 Generalità

La determinazione in laboratorio della conducibilità termica dei materiali può essere eseguita attraverso differenti prove di cui tuttavia la più diffusa e la più impiegata per i terreni risulta essere la prova con Ago Caldo conosciuta anche come Thermal Needle Probe test. Tale prova, tra l'altro, risulta essere normata dalle specifiche ASTM e IEEE descritte al successivo capitolo. Questo metodo di prova è applicabile sia a campioni intatti di terreno e roccia sia a campioni di terreno, asciutti, saturi o parzialmente saturi non disturbati o ricostituiti e risulta in genere più adatto per materiali omogenei, ma può anche fornire un valore medio rappresentativo per materiali non omogenei. Attraverso il test risulta possibile determinare la conducibilità termica (λ) di suoli e rocce sfruttando la metodologia del calore transitorio (transient heat method).

5.3.22.2 Normative e specifiche di riferimento

- ASTM D5334-22a - Standard Test Method For Determination Of Thermal Conductivity Of Soil And Rock By Thermal Needle Probe.
- IEEE 442-2017 – IEEE Guide for Thermal Resistivity Measurements of Soils and Backfill Materials.

5.3.22.2.1 Attrezzature e strumentazione

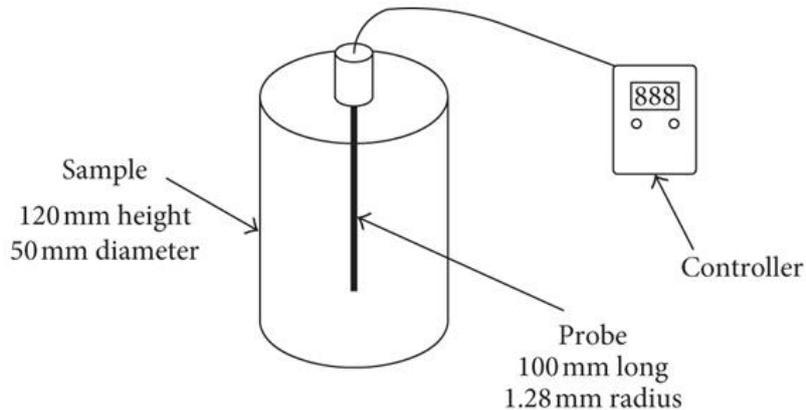
La strumentazione deve essere costituita utilizzata è costituita da una dalla sonda portatile che deve avere le seguenti caratteristiche:

- deve possedere un sensore ad ago di lunghezza pari a 100 mm e con diametro inferiore a 2.5 mm equivalente ad una sorgente scaldante lineare;
- deve possedere un sensore di misura della temperatura nel medesimo ago scaldante con una risoluzione di 0.001°C;
- deve misurare differenze di potenziale < 0.01 V;
- deve misurare correnti elettriche < 0.01 A;
- deve fornire corrente costante all'elemento scaldante;
- deve misurare i tempi con una risoluzione di 1 ms.

L'ago termico deve altresì essere in grado di misurare conducibilità termiche in un range 0.1-5.0 W/m*K con

una accuratezza almeno inferiore al 5% e una ripetibilità almeno pari al 2-3%.

Il campione sottoposto a prova, di forma cilindrica deve avere un diametro minimo pari a 50 mm ed un'altezza minima pari a 100 mm.



5.3.22.2 Calibrazioni e controlli

La sonda utilizzata deve possedere una calibrazione di fabbrica e deve essere fornita di un campione standard per la verifica delle misure. In assenza del certificato di calibrazione/taratura di fabbrica e/o del campione standard di verifica sarà onere dell'Appaltatore provvedere alla produzione di tale certificazione e all'approvvigionamento del campione standard rivolgendosi ad un laboratorio di taratura accreditato. La taratura dell'apparecchiatura dovrà essere ripetuta ogni anno o comunque secondo la frequenza indicata dal produttore o dall'Ente che ha rilasciato la certificazione medesima.

5.3.22.3 Modalità di prova

La prova consiste nell'infissione della sonda ad ago all'interno del campione. Per facilitare il contatto tra la sonda ed il campione per campioni di roccia e di terreno compatto è possibile effettuare un preforo del diametro circa coincidente con quello del diametro della sonda. Risulta inoltre possibile utilizzare una pasta specifica ad elevata conducibilità termica (maggiore di 4.0 W/m/K) per favorire un contatto uniforme con il campione. La sonda utilizzata nella prova scalda l'ago di misura usando un elemento scaldante. Il calore è calcolato usando la relazione:

$$q = r * I^2$$

Dove:

q: è la potenza scaldante in W/m;

r: è la resistenza per metro dell'elemento scaldante;

I: è la corrente fornita all'elemento scaldante.

L'elemento è riscaldato per un periodo di tempo e vengono rilevate le temperature a intervalli regolari (circa 1.5s). Il calore viene successivamente interrotto e le temperature vengono ancora rilevate con lo stesso intervallo e durata del ciclo scaldante. La durata tipica di ogni test risulta compresa tra 60 e 400 s.

Utilizzando le temperature rilevate agli intervalli di misura, la conducibilità termica λ viene calcolata utilizzando la relazione:

$$\lambda = \frac{q}{4\pi a}$$

Dove:

λ : è la conducibilità termica in W/m*K;

q: è la potenza scaldante in W/m;

a: è la pendenza della linea dell'aumento di temperatura in scala logaritmica del tempo, calcolata usando le seguenti due equazioni.

Per il ciclo scaldante:

$$a = \frac{\Delta T}{\ln(t)}$$

Dove:

ΔT : è l'incremento di temperatura;

t: è il tempo in secondi da quando il riscaldamento ha avuto inizio.

Per il ciclo di raffreddamento:

$$a = \frac{\Delta T}{\ln\left(\frac{t}{t-t_1}\right)}$$

Dove:

ΔT : è l'incremento di temperatura;

t: è il tempo in secondi da quando il riscaldamento ha avuto inizio.

t_1 è il tempo di riscaldamento in secondi.

5.3.22.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere una relazione contenente la descrizione dei campioni sottoposti a prova, delle apparecchiature utilizzate e delle caratteristiche salienti di queste ultime, i risultati delle prove in termini di valori numerici di conducibilità calcolata per ciascun campione unitamente a tutti i grafici con l'andamento della temperatura misurata all'interno del campione nel corso dell'intera prova.

5.4 Analisi micropaleontologica

5.4.1 Generalità

L'analisi micropaleontologica dei campioni sarà svolta con la finalità di effettuare la datazione cronostratigrafica e l'attribuzione formazionale del litotipo campionato

5.4.2 Normative e specifiche di riferimento

Per l'attribuzione formazionale dei litotipi campionati si farà riferimento alle definizioni delle Unità Cronostratigrafiche previste dai criteri geocronologici utilizzati per la predisposizione della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 con relative Note Illustrative (cfr. ISPRA – C.G.I. 1:50.00 - Fogli N. 156 Torino Est e N. 155 Torino Ovest).

5.4.3 Modalità di prova

L'analisi micropaleontologica dei campioni sarà condotta mediante riconoscimento con microscopio ottico polarizzatore e consisterà nella verifica della presenza di nannofossili calcarei, nell'identificazione dei taxa e nell'analisi semiquantitativa delle forme presenti nei sedimenti campionati.

5.4.4 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- origine e intervallo di prelievo del campione;
- data di campionamento;
- descrizione del sedimento;
- descrizione delle preparative del campione;
- tipologia di strumentazione;
- attribuzione cronostratigrafica e formazionale del sedimento;
- documentazione fotografica.

6. CONTROLLI DI QUALITA'

6.1 Premessa

Sono a carico dell'Appaltatore tutti gli obblighi descritti nei Capitoli precedenti del presente documento di CSA nonché i controlli di qualità di seguito descritti.

6.2 Controlli preliminari

6.2.1 Qualificazione e controlli sul personale

Il personale addetto all'esecuzione delle indagini geognostiche dovrà essere qualificato preventivamente da parte del Responsabile di C.Q. dell'Appaltatore.

In particolare, si dovrà verificare che:

- il Geologo Direttore di Cantiere di cui al paragrafo 1.2.6 sia laureato in Geologia, iscritto al relativo Albo Professionale dell'Ordine Regionale di pertinenza e con adeguata e comprovata esperienza di almeno cinque anni nel campo specifico dell'esecuzione e supervisione di indagini e prove geognostiche;
- Gli eventuali assistenti e rilevatori di cantiere siano in possesso dei seguenti requisiti:
 - laurea in geologia;
 - esperienza specifica alle funzioni richieste risultanti da precedenti attività lavorative di almeno tre anni.

Detta qualificazione sarà certificata, per iscritto e per ogni singolo assistente, dal Geologo Direttore di Cantiere di indagini geognostiche.

6.2.2 Controlli e taratura delle attrezzature

Tutte le attrezzature impiegate nelle singole operazioni di sondaggio, prospezione o prova dovranno essere conformi a quanto indicato e prescritto ai rispettivi punti nella presente Sezione.

Prima dell'utilizzo di una specifica attrezzatura dovrà essere:

- verificata la suddetta conformità sia mediante misure di verifica, sia mediante il controllo delle specifiche tecniche del costruttore dell'attrezzatura;
- accertata che la stessa sia accompagnata dai previsti certificati di taratura.

Questi certificati, come richiesto nel Capitolato per l'esecuzione delle prove di taratura, saranno rilasciati da laboratori qualificati, o dal Geologo Direttore di Cantiere che supervisionerà le prove effettuate in sito, rilasciandone l'apposita certificazione.

Le frequenze di taratura e quindi dell'emissione dei relativi certificati sono quelle stabilite nel Capitolato.

Ogni apparecchiatura sarà univocamente rintracciabile con una scheda tecnica che contenga:

- la certificazione di conformità;
- la certificazione di taratura.

Il responsabile di qualità dovrà verificare, prima dell'utilizzo dell'attrezzatura, che la stessa sia corredata della suddetta scheda, corredata dell'ultima certificazione di taratura prevista.

6.2.3 Qualificazione dei laboratori

I laboratori che effettueranno le prove su campioni prelevati durante i sondaggi dovranno essere qualificati dall'Appaltatore e approvati dalla Direzione Lavori.

L'istruttoria per la qualificazione avverrà a cura del responsabile di C.Q. dell'Appaltatore, il quale dovrà accertare che il laboratorio sia in possesso dei requisiti seguenti:

- requisiti generali riportati al paragrafo 1.2.14;
- adotti un sistema di identificazione dei campioni conforme a quanto indicato e prescritto al punto 5.1.4;
- disponga di un idoneo sito di stoccaggio dei campioni secondo quanto indicato e prescritto al punto 5.1.5;
- sia in grado di operare secondo le indicazioni fornite al paragrafo 5.

L'idoneità per la qualifica sarà certificata su apposita scheda, riportante:

- la tipologia delle verifiche effettuate,
- il loro esito,
- note generali,
- il risultato della qualifica.

A seguito dell'esame da parte della Direzione Lavori della documentazione di cui sopra, scaturita che l'elenco dei laboratori approvati sarà comunicato, mediante lettera di notifica all'Appaltatore.

È facoltà della Direzione Lavori eseguire controlli di verifica direttamente presso i laboratori di prova.

6.2.4 Condizioni per l'inizio dei lavori

Il Responsabile di C.Q. dell'Appaltatore dovrà prima dell'inizio dei lavori, trasmettere alla Direzione Lavori una comunicazione di inizio degli stessi corredata da:

- cronoprogramma di esecuzione dei lavori, riportante tipologia, numero e modalità di esecuzione delle indagini geognostiche in sito da eseguire;
- cronoprogramma di esecuzione delle prove presso i laboratori qualificati, concordato con i responsabili dei laboratori;
- cronoprogramma delle attività di laboratorio;
- comunicazione di nomina del Geologo Direttore di Cantiere e dei suoi eventuali assistenti;

La Direzione Lavori approverà per iscritto il cronoprogramma di esecuzione dei lavori.

6.3 Controlli in corso d'opera

Prima all'inizio delle attività in oggetto il Responsabile di C.Q. dell'Appaltatore dovrà procedere alle seguenti verifiche e controlli:

- verificare se esiste l'approvazione del cronoprogramma lavori rilasciata dalla Direzione Lavori, di cui al precedente paragrafo 1.2.3;
- controllare la effettiva presenza del Geologo Direttore di Cantiere incaricato sul sito dell'indagine geognostica;
- verificare l'esistenza e la correlazione della scheda di qualifica delle attrezzature impiegate, in riferimento alla tipologia dell'attività da effettuare;
- verificare la predisposizione di un luogo, con le caratteristiche previste al paragrafo 2.1.10 per l'adeguata conservazione, al riparo da agenti atmosferici delle cassette catalogatrici dei sondaggi geognostici. Detto luogo dovrà essere preventivamente concordato e approvato dalla Direzione Lavori.

Al completamento di ogni indagine in sito il Geologo Direttore di Cantiere dovrà predisporre una adeguata documentazione certificativa degli esiti dei sondaggi, delle prove e delle loro modalità di esecuzione sottoscrivendole per certificazione del loro contenuto.

Tale documentazione dovrà essere adeguatamente codificata in modo da essere immediatamente correlabile a:

- localizzazione del punto di indagine;
- P.C.Q. delle indagini;
- nominativo del Geologo Direttore di Cantiere.

Per ogni tipo di indagine geognostica eseguita tale documentazione dovrà essere conforme per tipologia di dati contenuti e terminologia, a quanto dettagliatamente richiesto e prescritto nei paragrafi precedenti e dalle relative Norme di riferimento.

L'emissione e la conformità della suddetta documentazione sarà annotata sul P.C.Q., mentre la stessa, in quanto documentazione di C.Q. sarà allegata al dossier delle indagini geognostiche che, entro 20 giorni naturali consecutivi dal termine di esecuzione dei lavori dovrà essere consegnata, con lettera accompagnatoria firmata dal responsabile dell'attività, alla Direzione Lavori.

6.3.1 Indagini da eseguire con prove di laboratorio

6.3.1.1 Prelievo dei campioni

Per le modalità di prelievo dei campioni e quindi delle attività da eseguire in sito, si procede in modo analogo a quanto chiarito ai paragrafi 2.5, 2.6 e 2.7.

Il Geologo Direttore di Cantiere dovrà tenere un Registro dei Campioni, spedizioni e consegna di campioni ai laboratori di prova che consenta di rispettare i cronoprogrammi precedentemente consegnati e approvati alla Direzione Lavori.

Nel Registro dei Campioni si dovrà annotare:

- nominativo del laboratorio di prova ed estremi della certificazione di qualifica;
- data di invio delle schede stratigrafiche dei punti di indagine eseguiti da cui sono stati prelevati i campioni;

- data di spedizione e consegna dei campioni al laboratorio di prova, con gli estremi del documento di accompagnamento (Catena di Custodia).

6.3.1.2 Conservazione e trasporto dei campioni

All'atto dell'invio in laboratorio dei campioni di terreno il Geologo Direttore di Cantiere dovrà controllare:

- che il laboratorio di destinazione sia tra quelli già preventivamente qualificati;
- la conformità delle metodologie d'imballo a quanto previsto ai punti: 2.5.6, 2.6.6 e 2.7.4.

Ogni lotto di campioni inviato/consegnato in laboratorio dovrà essere tracciato da un documento di accompagnamento (Catena di Custodia) sottoscritto dal Geologo Direttore di Cantiere riportante:

- località e punto di indagine del prelievo;
- data e ora del prelievo;
- nominativo del laboratorio di destinazione;
- esecuzione dell'avvenuta verifica sul corretto imballo dei campioni come sopra richiamato;
- elencazione delle prove di laboratorio da eseguire sul campione.

Per campioni soggetti a prove microbiologiche, se le consegne dovessero avvenire giornalmente, in tempi superiori alle 8 ore, gli stessi dovranno essere conservati in frigoriferi e/o frigobox refrigerati e comunque consegnati e accettati dal laboratorio di prova entro e non oltre 24 ore dalla data di prelievo. In questo caso sul documento di accompagnamento (Catena di Custodia) dovrà essere anche indicato il tempo di conservazione in frigorifero/frigobox.

Il documento accompagnatorio dei campioni (Catena di Custodia) costituisce documentazione di C.Q. e copia di ogni Catena di Custodia dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori unitamente alla documentazione finale dell'indagine geognostica di cui costituisce parte integrante

6.3.1.3 Controlli in laboratorio

All'atto della ricezione dei campioni in laboratorio di prova, il Responsabile dello stesso dovrà:

- accertare il corretto stato di conservazione dei campioni;
- nel caso che i campioni siano soggetti a prove di determinazioni microbiologiche, dovrà accertare che il recapito in laboratorio sia stato effettuato entro 8 ore dal momento del prelievo o entro 24 ore dalla data di prelievo se la conservazione è avvenuta in frigorifero/frigobox refrigerati.

L'esito delle suddette verifiche dovrà essere annotato sulla Catena di Custodia dei campioni di cui a seguito dell'accettazione degli stessi da parte del laboratorio di prova dovrà essere consegnata all'Appaltatore una copia sottoscritta e timbrata dal laboratorio da allegare al dossier di C.Q. dell'indagine geognostica.

Gli esiti di tutte le prove di laboratorio eseguite dovranno essere riportati su Rapporti di Prova controfirmati dal Direttore di Laboratorio il quale, per ogni tipo di prova effettuata, dovrà emettere una certificazione conforme, in tipologia di dati e in terminologia a quanto richiesto e prescritto dalle Norme di riferimento.

Tutti i controlli suddetti saranno annotati sul P.C.Q. e i suddetti certificati allegati al dossier dell'attività.

6.4 Prescrizioni generali

L'oggetto della presente sezione del Capitolato Speciale d'Appalto Parte B.2 è costituito dall'insieme delle attività necessarie per l'effettuazione di indagini geognostiche in sito e prove geotecniche in sito e di laboratorio.

La Direzione Lavori potrà richiedere un Piano di Indagini Integrative in funzione delle circostanze che emergeranno nel corso di esecuzione dei lavori.

Le indagini geognostiche saranno eseguite a cura dell'Appaltatore e saranno realizzate secondo le modalità e Norme prescritte nel presente documento, senza apportare variazioni che non siano state preventivamente concordate ed approvate formalmente dalla Direzione Lavori.

Per l'esecuzione delle indagini geotecniche si dovrà fare riferimento alle "Raccomandazioni A.G.I. sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" (1977 e successivi aggiornamenti) e a tutte le specifiche Norme riportate o citate nel presente documento di cui nel seguito si riportano a titolo esemplificativo e non esaustivo alcuni esempi:

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO GENERALI

- AGI (1963) – Nomenclatura geotecnica e classifica delle terre. Geotecnica, volume 10.
- AGI (1977) – Raccomandazioni su programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

- AGI (1994) – Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- ANISIG (1997) - Analisi tipo dei prezzi per lavori di indagine geognostica.
- ASTM D 4394-84 - Standard Test Method for Determining the In Situ Modulus of Deformation of Rock Mass Using the Rigid Plate Loading Method.
- ASTM D 4719/87 - Standard Test Method for Pressuremeter Testing in Soils.
- ASTM D 1586-84 - Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils.
- ASTM D 3441-94 - Standard Test Method for Deep, Quasi-Static, Cone and Friction-Cone Penetration Tests of Soils.
- ASTM D 1556-90 - Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method.
- ASTM D 4622-86 - Standard Test Method for Rock Mass Monitoring Using Inclinedometers.
- BRGM-CGG-CPGF-LPCP (1992) - Geophysique Appliquée : Code de Bonne Pratique.
- CNR (1992) - Determinazione dei moduli di deformazione M_d e M_d' mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare. C.N.R. - Bollettino Ufficiale (Norme Tecniche), Anno XXVI. n.146, 12/92.
- CHOQUIN, A (1982) - Paramètres et contrôle du forage – Editions Technip, Paris.
- DCDMA Diamond Core Drill Manufacturer Association (1974) - Specifiche standard materiali per sondaggi.
- DESBRANDES, R (1982) - Diagraphies dans les sondages - Editions Technip, Paris.
- D.M. Lavori Pubblici, 11 marzo 1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. (G.U. 1/6/1988, n.127 suppl.).
- DUNNICLIFF J. (1988) - Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance, John Wiley & Sons, NY.
- IRSA-CNR (1994) - Metodi analitici per le acque; Quaderno 100.
- Legge N. 464. (4 agosto 1984) - Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio Geologico della Direzione Generale delle Miniere del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale (G.U. 17/8/1984, n.226).
- LPC (1971) - Essai Pressiométrique Normal, Mode Operatoire MS.IS-2, Paris.
- LPC (1985) - Essai Pressiométrique, Mécanique des sols n.1, Paris.
- MENARD (1976) - Règles relatives à l'exécution des essais pressiométriques; Sol Solis n.27.
- Norme Suisse SNV 670 317a (1981) - Prova di carico su piastra ME. Association Suisse de Normalisation

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO PER LE PROVE SU TERRE

Descrizione e classificazione dei terreni

- Racc. A.G.I. (1963): "Nomenclatura geotecnica e classifica delle terre";
- A.S.T.M. D 2487: "Classification of the soil for engineering purposes";
- A.S.T.M. D 2488: "Standard practice for description and identification of soils";
- C.N.R. U.N.I. 10006: "Tecniche di impiego delle terre".

Determinazione del contenuto d'acqua allo stato naturale

- UNI CEN ISO/TS 17892-1;
- A.S.T.M. D 2216: "Laboratory determination of water (moisture) content of soil";
- BS 1377 Part 2;
- C.N.R. U.N.I. 10008: "Prove su materiali stradali. Umidità di una terra";
- D.M. 173/97 - Met.3: "Determinazione del contenuto d'acqua".

Determinazione del peso dell'unità di volume allo stato naturale

- UNI CEN ISO/TS 17892-2;
- Racc. A.G.I. (1994): Determinazione del peso dell'unità di volume relativo alle prove specifiche;
- C.N.R. B.U. A. XII N.63: "Determinazione della massa volumica apparente dei grani di un aggregato".

Determinazione del peso di volume dei granuli

- UNI CEN ISO/TS 17892-3;
- A.S.T.M. D 854: "Standard method for specific gravity of soils";

- A.S.T.M. D 4718: "Correction of unit weight and water content for soils containing oversize particles".
- C.N.R. U.N.I. 10010: "Prove sulle terre-peso specifico reale di una terra";
- C.N.R. U.N.I. 10013: "Prove sulle terre-peso specifico dei granuli".

Determinazione dei limiti di consistenza

UNI CEN ISO/TS 17892-12;

- A.S.T.M. D 4318: "Liquid limit, plastic limit and plastic index of soils";
- A.S.T.M. D 4943: "Shrinkage factors of soils by the wax method";
- A.S.T.M. D 427: "Shrinkage factors of soils by the mercury method";
- BS 1377 Part 2;
- C.N.R. U.N.I. 10014: "Determinazione dei limiti di consistenza di una terra";
- BISHOP & GLOSSOP: "Determinazione del limite di adesività";
- BISHOP & GLOSSOP: "Serie di prove indici su impasto di argilla".

Preparazione di campioni di terreno per analisi granulometrica e la determinazione delle costanti del terreno

- A.S.T.M. D 421: "Dry preparation of soil samples for particle-size analysis and determination of soil constants";
- A.S.T.M. D 2217: "Wet preparation of soil samples for particle-size analysis and determination of soil constants".

Analisi granulometrica

- UNI CEN ISO/TS 17892-4;
- A.S.T.M. D 422: "Particle size analysis of soils";
- A.S.T.M. D 1140: "Amount of material in soils finer than No.200 sieve";
- BS 1377 Part 2;
- Racc. A.G.I. (1994): "Analisi granulometrica di una terra";
- C.N.R. B.U. A. V N.23: "Analisi granulometrica di una terra mediante setacci e crivelli".

Prova di consolidazione monodimensionale (edometrica)

- UNI CEN ISO/TS 17892-5;
- A.S.T.M. D 2435: "One-dimensional consolidation properties of soil";
- A.S.T.M. D 4186: "One-dimensional consolidation properties of soils using controlled-strain loading";
- BS 1377 Part 5;
- Racc. A.G.I. (1994): "Prove edometriche".

Prova di taglio diretto

- UNI CEN ISO/TS 17892-10;
- A.S.T.M. D 3080: "Direct shear test of soil under consolidated drained conditions";
- BS 1377 Part 7;
- Racc. A.G.I. (1994): "Prove di taglio diretto".

Prova di compressione ad espansione laterale libera

- UNI CEN ISO/TS 17892-7;
- A.S.T.M. D 2166: "Unconfined compressive strength of cohesive soil";
- BS 1377 Part 8.

Prove triassiali CD, CU e UU

- UNI CEN ISO/TS 17892-9;
- UNI CEN ISO/TS 17892-8;
- A.S.T.M. D 2166: "Unconfined compressive strength of cohesive soil".
- A.S.T.M. D 2850: "Unconsolidated, undrained compressive strength of cohesive soils in triaxial compression";
- A.S.T.M. D 4767: "Consolidated undrained triaxial compression test for cohesive soils";
- BS 1377 Part 7;
- BS 1377 Part 8;
- Racc. A.G.I. (1994): "Prove di compressione triassiale su terre coesive".

determinazione del contenuto in sostanze organiche

- A.S.T.M. C 40;
- BS 1377 Part 3.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 4:

DEMOLIZIONI

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. P. De Martini		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B2
Sezione n. 4: Demolizioni

INDICE

1.	DEFINIZIONI.....	1
2.	NORME DI MISURAZIONE.....	1
3.	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	1
4.	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI.....	2
5.	MODALITÀ ESECUTIVE	2
	5.1 Attività preliminari sulle demolizioni	2
	5.2 Attività finali sulle demolizioni	3
	5.3 Attività sui danni e sui ripristini	3
6.	CONTROLLI DI QUALITÀ.....	3

1. DEFINIZIONI

La presente specifica fa riferimento:

- alla documentazione di tipo contrattuale;
- alla documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche, ecc.;
- alle prescrizioni della Direzione Lavori;
- alla legislazione vigente, in particolare in materia di:
 - impiego di esplosivi
 - trasporto e smaltimento di rifiuti.

2. NORME DI MISURAZIONE

La misurazione delle demolizioni ai fini dell'applicazione delle corrispondenti voci di prezzo è eseguita a metro cubo effettivo misurato prima della demolizione o a chilogrammo di strutture di qualsiasi natura destinate alla demolizione.

Tutti i prezzi della presente categoria comprendono ogni spesa ed opera accessoria ed in particolare ogni puntellamento che si rendesse necessario od anche solamente consigliabile delle murature e degli orizzontamenti che si devono conservare. Comprendono inoltre le attrezzature di cantiere ed i mezzi d'opera occorrenti per la buona esecuzione dei lavori. I materiali ricavandi dalle demolizioni, esclusi gli oggetti preziosi o d'arte, i serramenti e gli infissi in legno o metallici resteranno di proprietà dell'imprenditore con l'obbligo dell'immediato allontanamento dal cantiere, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori. I trasporti dei detriti sono comprensivi delle operazioni di carico, scarico e spianamento.

Per: Murature, Volte, Strutture in cemento armato, Strutture metalliche, Pavimentazioni.

La computazione dei metri cubi di materiale da demolire verrà effettuata prima della demolizione stessa.

Nei prezzi di realizzazione delle demolizioni si intendono compensati tutti gli oneri principali ed accessori quali:

- la predisposizione dei luoghi di lavoro
- la demolizione degli elementi destinati a tal fine
- il trasporto a discarica dei materiali di risulta con mezzi idonei
- la pulizia dei luoghi in cui è avvenuta l'attività in questione
- quant'altro previsto nella presente specifica come lavorazione annessa alla realizzazione delle demolizioni.

3. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Premettendo che tutte le demolizioni parziali o totali di manufatti e/o trovanti di qualsiasi natura che si rendessero necessarie nel corso dell'esecuzione dei lavori, anche se non espressamente indicate nei documenti progettuali, sono attività incluse negli obblighi dell'Appaltatore, nell'esecuzione dei lavori di demolizione totale e/o parziale, eseguiti con qualsiasi mezzo e relativi a qualsiasi opera e materiale gli oneri di seguito descritti sono a carico dell'Appaltatore:

- a) Tutti gli oneri derivanti dalle leggi, nonché dalle norme e regolamenti vigenti relativamente a:
 - Testimoniali di Stato;
 - Procedure e relative tecniche di demolizione;
 - Sicurezza delle persone addette ai lavori;
 - Sicurezza dei mezzi destinati alla esecuzione dei lavori;
 - Idoneità dei mezzi di protezione e di segnalazione per l'incolumità dei terzi e delle opere circostanti durante e dopo l'esecuzione dei lavori;
 - Misure, mezzi e quanto altro necessario ad assicurare la stabilità delle opere circostanti e di quelle oggetto di demolizione, durante e dopo l'esecuzione dei lavori.
- b) Recupero con ordine (inclusa eventuale pulizia) di tutti i materiali che, previa informazione alla Direzione Lavori, l'Appaltatore intende riutilizzare. Tali materiali devono essere trasportati ed immagazzinati o accatastati nei luoghi resi disponibili dall'Appaltatore e con le modalità concordate con la Direzione Lavori

- c) Carico, trasporto e scarico alle discariche autorizzate all'esterno della proprietà, del materiale di rifiuto, nonché pulizia delle aree sulle quali vengono eseguite le opere di demolizione. L'Appaltatore è tenuto al trasporto dei materiali provenienti dalle demolizioni.
- d) Protezione delle installazioni sottostanti e ricostruzione delle opere eventualmente danneggiate durante i lavori di demolizione, nello stato in cui si trovavano prima dei lavori stessi, secondo quanto concordato nei Testimoniali di Stato.
- e) Protezione e conservazione dei manufatti circostanti durante i lavori di demolizione ed eventuale ricostruzione come al punto precedente.
- f) Realizzazione di opere provvisoriale e/o modalità operative finalizzate ad evitare la formazione e lo spandimento della polvere.
- g) Recinzione provvisoria e apposizione di segnaletica diurna e notturna, nei luoghi soggetti alle demolizioni.
- h) Eventuale richiesta di tutte le necessarie autorizzazioni a procedere da parte delle competenti Autorità locali.
- i) Puntellature, ponti di servizio, ripari dalla polvere, convogliatori a terra (è vietato il getto dall'alto dei materiali di risulta).
- j) Interruzione e ripristino di servizi elettrici e telefonici, reti di distribuzione acqua, gas, teleriscaldamento, reti e canalette di drenaggio, etc.
- k) Tagli eventuali con fiamma ossidrica o con attrezzature elettromeccaniche e/o manuali.
- l) In fase di demolizione si dovrà assolutamente evitare l'accumulo di materiali di risulta sulle strutture da demolire o sulle opere provvisoriale in misura tale che si verifichino sovraccarichi o spinte pericolose.
- m) Nel caso di lavori in sotterraneo si dovranno applicare le prescrizioni di Capitolato riportate in sezione 18 (Opere in Sotterraneo), in particolare per quanto attiene alla sicurezza delle maestranze.
- n) Dove necessario la predisposizione di adeguati consolidamenti del terreno circostante, prima di ogni rimozione di elementi strutturali.
- o) Il riempimento dei cavi residui con conglomerato cementizio di caratteristiche approvate dalla Direzione Lavori o con altro materiale ritenuto idoneo dalla medesima Direzione Lavori

4. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

In aggiunta a quanto riportato nel capitolo "PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI", nel caso di impiego di esplosivi, gli oneri di seguito descritti sono a carico dell'Appaltatore:

- Richiesta e ottenimento dei permessi delle competenti Autorità.
- Polvere, micce, detonatori, tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, fornelli, nonché il trasporto nei luoghi di impiego dei suddetti materiali.
- Mezzi, materiali e personale qualificato occorrente, per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza.
- Coordinamento dei tempi di esecuzione, in accordo al programma di costruzione e nel rispetto dei vincoli, delle soggezioni derivanti dalle altre attività in corso e delle situazioni locali.

5. MODALITÀ ESECUTIVE

5.1 Attività preliminari sulle demolizioni

Il Responsabile di questa attività dell'Appaltatore, prima di svolgere qualsiasi lavoro di demolizione dovrà redigere una relazione tecnica riportante:

- Data, luogo della demolizione
- Oggetto della demolizione
- Mezzi e attrezzature principali da impiegare
- Modalità di demolizione
- Misure di sicurezza da adottare
- Tempistiche d'intervento
- Allontanamento o reimpiego del materiale demolito
- Nel caso di impiego di esplosivi, o comunque di attività che richiedono particolari qualifiche, si dovrà utilizzare personale in possesso dei titoli di qualifica previsti dalla legge, documentandolo opportunamente.

Tale documentazione sarà trasmessa per informazione alla Direzione Lavori, la quale, nel caso ne ravvisasse la necessità, potrà richiedere modifiche e/o integrazioni.

Il Responsabile nominato dall'Appaltatore, a sua volta dovrà registrare su apposita documentazione le verifiche da eseguire prima delle operazioni su tutte le attrezzature di protezione, segnalazione e sicurezza previste, nonché sulle predisposizioni necessarie a garantire la salvaguardia dei manufatti circostanti l'opera da demolire, nonché sulle opere provvisorie finalizzate ad evitare lo spandimento delle polveri.

Il Responsabile dell'attività di demolizione dovrà:

- verificare che le date e tempistiche delle demolizioni siano coordinate con tutte le attività lavorative previste nella zona;
- richiedere ed ottenere tutti i permessi necessari, oltre quelli di legge, dalle competenti Autorità ed Enti;
- verificare l'efficienza e la corretta installazione di tutte le misure di sicurezza e di protezione previste per le persone, i mezzi, le attrezzature e le opere esistenti da salvaguardare;
- nel caso di uso di esplosivi, accertare la qualificazione del personale impiegato.

La certificazione dell'esecuzione delle verifiche sarà opportunamente documentata e registrata.

Tutta la suddetta documentazione sarà allegata al dossier dell'opera cui la demolizione si riferisce.

L'Appaltatore potrà procedere alle operazioni di demolizione solo a valle dell'ottenimento degli eventuali permessi necessari delle competenti Autorità o Enti, e delle verifiche preliminari previste dalla Direzione Lavori e dalla presente sezione del Capitolato Speciale d'Appalto parte B.

5.2 Attività finali sulle demolizioni

A demolizione avvenuta l'Appaltatore dovrà:

- a) Verificare la corretta ed efficace effettuazione della demolizione prevista
- b) Nel caso di impiego di esplosivi, accertare il regolare brillamento di tutte le cariche predisposte.
- c) Controllare gli eventuali danni alle opere esistenti da salvaguardare.
- d) Verificare la qualificazione dei mezzi adibiti al trasporto dei detriti e, se previsto il conferimento in discarica; verificare che essa abbia le necessarie qualificazioni richieste dalla legge, in funzione del materiale conferito.
- e) Controllare la pulizia dell'area.
- f) Tali verifiche dovranno essere effettuate dal Responsabile delle demolizioni ed opportunamente certificate dallo stesso nella documentazione allegata al dossier relativo all'opera da demolire.

5.3 Attività sui danni e sui ripristini

Nel caso il Responsabile dell'attività accerti danni a manufatti esistenti egli dovrà procedere come segue:

- Emettere una relazione tecnica da trasmettere alla Direzione Lavori, sui danni riscontrati, sui provvedimenti provvisori e di ripristino allo stato iniziale che si effettueranno sull'opera danneggiata.
- Verificare i danni, contestualmente alla Direzione Lavori se da questa richiesto.

A valle del ricevimento della relazione e della eventuale verifica la Direzione Lavori, entro i termini concordati con l'Appaltatore, potrà formulare eventuali commenti alle operazioni di ripristino previste; la mancata ricezione di commenti entro i termini concordati costituisce nullaosta a procedere.

Sulla base di questa relazione, il Responsabile dovrà emettere un documento relativo alle verifiche e ai collaudi correlati all'intervento sul manufatto danneggiato. Saranno adottate a tale fine, procedure e specifiche relative ai tipi di lavorazioni o realizzazioni d'opera implicate nello svolgimento dell'intervento.

Tale documento verrà trasmesso alla Direzione Lavori per l'approvazione.

Successivamente alla suddetta approvazione, l'Appaltatore procederà, in concomitanza alle fasi relative, alle verifiche previste dal documento approvato.

Tutta la suddetta documentazione costituirà il dossier relativo al restauro dell'opera danneggiata.

6. CONTROLLI DI QUALITÀ

L'Appaltatore non dovrà redigere - e sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori almeno 30 giorni prima del previsto inizio della lavorazione - il documento; "PIANO DI QUALITÀ DI COSTRUZIONE E INSTALLAZIONE – "DEMOLIZIONI".

Tuttavia, si evidenzia che sono a carico dell'Appaltatore tutti gli obblighi descritti nei precedenti capitoli di questa sezione di CSA – Parte B.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 5:

MOVIMENTI DI TERRA

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. F. Rizzo		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023
1	Ing. F. Rizzo		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		06/10/2023

INDICE

1.	DEFINIZIONI.....	1
2.	NORME DI MISURAZIONE	1
3.	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	1
4.	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	3
4.1	Diserbamento e scoticamento.....	3
4.2	Scavi.....	3
4.2.1	Scavi superficiali: rapporti con la soprintendenza archeologica del Piemonte-Torino3	
4.2.2	Prescrizioni per gli scavi	3
4.2.3	Scavi di svuotamento all'interno di gallerie scatolari e stazioni	4
4.3	Rinterri	4
4.4	Rilevati stradali.....	5
4.4.1	Formazione dei piani di posa dei rilevati	5
4.4.2	Formazione dei piani di posa delle fondazioni stradali in trincea	6
4.4.3	Formazione dei rilevati	6
5.	CONTROLLI DI QUALITA'	8
5.1	Generalità	8
5.2	Controlli di qualità per gli scavi	8
5.2.1	Campo di applicazione	8
5.2.2	Documenti di riferimento.....	8
5.2.3	Scavi a mano o a macchina	9
5.2.4	Sostegno pareti di scavo	9
5.3	Controlli di qualità per i rinterri	9
5.3.1	Campo di applicazione	9
5.3.2	Documenti di riferimento.....	9
5.3.3	Controlli sui materiali	9
5.3.4	Controlli in corso d'opera.....	10
5.4	Controlli di qualità per i rilevati	10
5.4.1	Campo di applicazione	10
5.4.2	Documenti di riferimento.....	10
5.4.3	Materiali per la formazione del rilevato	11
5.4.4	Terreno in situ.....	13
5.4.5	Formazione dei rilevati	14
5.4.6	Strato supercompattato.....	15
5.4.7	Sub ballast	15
5.4.8	Sezioni in trincea	15

1. DEFINIZIONI

I movimenti di terra comprendono le seguenti categorie di lavoro:

- diserbamento, scoticamento;
- scavi;
- rinterrati;
- rilevati.

Nei paragrafi seguenti sono definite le prescrizioni relative a ciascuna categoria di lavoro nonché le prescrizioni ed oneri di carattere generale ed i controlli da eseguire.

2. NORME DI MISURAZIONE

La misurazione dei movimenti di terra ai fini di applicazione delle corrispondenti voci di prezzo è eseguita a metro cubo in banco di terra scavata e secondo il progetto.

Nei prezzi di realizzazione dei movimenti di terra si intendono compensati tutti gli oneri principali ed accessori quali:

- la predisposizione dei luoghi di lavoro;
- l'esecuzione dello scavo (sia esso di sbancamento, di splateamento, in trincea o per pozzi, a sezione quadrata o circolare, ecc.);
- il trasporto a discarica dei materiali di risulta con mezzi idonei;
- il rinterro con misto di cava o di fine ghiaia naturale di cava o ancora con materiali di scavo preesistenti;
- la formazione dei rilevati;
- la rimozione e l'allontanamento di manufatti o tubazioni, anche in acciaio o parti di esse, per i quali non poteva essere definita esattamente la posizione.

Gli scavi si intendono da eseguire in materia di qualunque natura e consistenza. Gli sbadacchiamenti e l'eventuale armatura, anche se persa, sono già compensati nei prezzi degli stessi. I trasporti sono complessivi delle operazioni di carico, scarico e spianamento. Qualora il materiale debba essere semplicemente depositato ai lati dello scavo e successivamente rinterrato, il relativo scavo verrà considerato con trasporto e spianamento in cantiere, anche se per la parte eccedente necessita di trasporto e spianamento presso gli scarichi pubblici. Nel caso di scavi eseguiti con mezzi meccanici non sarà corrisposto nessun sovrapprezzo qualora si incontrino blocchi di muratura o simili non richiedenti, per la loro rimozione, l'uso di martelli demolitori in luogo della scavatrice. Se lo scavo verrà eseguito in locali scantinati la profondità verrà computata a partire dal piano medio marciapiede.

In conseguenza del calcolo del prezzo convenzionale dei materiali provenienti dagli scavi da dedurre dall'importo dei lavori, considerata la tabella di calcolazione con la quale si determina il detto valore al metro cubo, il materiale stesso viene definito, ai sensi del presente Capitolato, a valore nullo e quindi va considerato nella disponibilità dell'Appaltatore.

3. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

- a) Le operazioni di movimenti terra saranno pagate secondo contratto. Tutti gli oneri qui descritti sono compresi nei prezzi offerti per l'esecuzione del contratto.
- b) Sarà cura ed onere dell'Appaltatore, prima dell'inizio dei lavori, esperire una campagna di indagini allo scopo di fornire alla Direzione Lavori una esauriente documentazione sia per quanto attiene le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali che per quanto concerne la disponibilità in funzione delle esigenze quantitative e temporali derivanti dal programma di esecuzione dei lavori.
Quanto sopra si intende valido anche per i materiali provenienti dagli scavi, che, effettuati i necessari controlli ed accettazione indicati dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore ritenesse conveniente utilizzare.
- a) La provenienza ed il tipo di materiale da utilizzare dovranno essere preventivamente comunicati alla Direzione Lavori; in ogni caso dovrà essere utilizzato materiale del gruppo A3 con coefficiente di disuniformità inferiore a 7.
- b) Sarà cura dell'Appaltatore effettuare le prove in sito e di laboratorio per accertare la buona esecuzione del lavoro.

- Sarà cura dell'Appaltatore provvedere all'aerazione ed alla fornitura dell'acqua necessaria per ottenere l'umidificazione ottimale, ai fini della compattazione, dei materiali utilizzati per rinterri ed i rilevati.
- c) In presenza di paramenti flessibili e murature laterali la compattazione a ridosso delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e allo stesso tempo il danneggiamento delle opere stesse. In particolare, si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino ad una distanza inferiore a 1.5 m da opere preesistenti.
- d) A ridosso dei manufatti l'Appaltatore dovrà usare mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e densità richiesti anche operando su strati di spessore ridotto. Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi etc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.
- e) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere al controllo e al contenimento di acque di falda e superficiali, provvedendo alla costruzione oltre alle opere di drenaggio definitive previste in progetto, alla realizzazione di tutte le opere provvisorie (well-point, palancolate, deviazioni, aggettamenti, etc.) atte a garantire la qualità del lavoro da eseguire. L'Appaltatore provvederà altresì a togliere ogni impedimento che si opponesse al regolare deflusso delle acque e ogni causa di rigurgito, anche ricorrendo all'apertura di canali fuggatori. In prossimità del ciglio delle trincee la superficie del suolo deve essere preparata in modo da impedire che le acque vengano a cadere lungo le scarpate, anche in fase di costruzione. Pertanto, l'Appaltatore è tenuto a scavare nel terreno naturale, a quella distanza dal ciglio che verrà fissata dalla Direzione Lavori, apposito fosso di guardia delle dimensioni che verranno stabilite di volta in volta in relazione alle condizioni locali, con pendenza conveniente, allontanando adeguatamente dal ciglio a monte del fosso la terra di risulta.
- f) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alla fornitura ed al trasporto dei materiali provenienti da cave di prestito, così come al trasporto di quelli provenienti dagli scavi.
- g) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alla profilatura delle scarpate, delle banchine e dei cigli ed alla costruzione degli arginelli se previsti, nonché alla maggiorazione delle dimensioni di progetto dei rilevati per tener conto dell'assestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle previste nel progetto.
- h) Sarà onere dell'Appaltatore portare a discarica tutto il materiale di risulta (non idoneo al riutilizzo o comunque esuberante) proveniente dagli scavi o da scarti di vagliatura del materiale accantonato per il riutilizzo. Nella scelta della discarica si dovrà tener conto che alcuni materiali potranno essere misti al fango bentonitico utilizzato per stabilizzare le pareti dei diaframmi; inoltre, se tali materiali verranno trasportati uniti, e quindi scaricati dalla benna direttamente su camion, questi dovranno disporre di cassoni a tenuta stagna.
- i) Le stesse disposizioni valgono anche per i materiali di risulta delle lavorazioni di pali, micropali e jet-grouting.
- j) Sarà cura dell'Appaltatore, durante tutte le fasi di lavorazione, provvedere alla protezione e conservazione dei manufatti esistenti ed all'eventuale ricostruzione, in caso di danneggiamento o temporanea rimozione, nello stato in cui si trovano prima della effettuazione dei lavori.
- k) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alla pulizia, manutenzione e ripristino del manto stradale, sia relativamente alle strade di cantiere che alla viabilità esterna, in modo da preservare l'integrità delle superfici stradali percorse dai mezzi dell'Appaltatore e di garantire costantemente la percorribilità delle strade anche in relazione agli aspetti concernenti la sicurezza.
- l) Oltre a ciò, l'Appaltatore è tenuto a sottoporre i mezzi gommati che lasciano le installazioni di cantiere ad opportuno lavaggio delle ruote attraverso vasche così come descritto nella Sez. 15: Cantierizzazione oltre che nelle tavole allegate al Piano di Sicurezza.
- m) L'Appaltatore ha l'onere di eseguire la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo in corso d'opera secondo quanto indicato nell'elaborato "Studio di Impatto Ambientale - Piano di utilizzo terre e rocce da scavo" (16.28_MTL2T1A0DAMBGENR010) e/o successive versioni approvate dall'Autorità Competente.

4. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

4.1 Diserbamento e scoticamento

Il diserbamento consiste nella rimozione ed asportazione del terreno vegetale, di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua.

Nella esecuzione dei lavori l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto segue:

- a) il diserbamento e lo scoticamento del terreno dovranno essere eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o rilevato;
- b) tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso alterando il meno possibile la consistenza originaria del terreno;
- c) il materiale scavato e non riutilizzato per il progetto dovrà essere trasportato a discarica a cura ed onere dell'Appaltatore.

4.2 Scavi

4.2.1 Scavi superficiali: rapporti con la soprintendenza archeologica del Piemonte-Torino

Per quanto attiene gli scavi superficiali si veda la sezione 20 del presente capitolato speciale, inerente agli interventi di salvaguardia archeologica

Gli interventi di scavo specifici per gli spostamenti dei sottoservizi (scavo in trincea a pareti confinate, scavo con spingitubo,) sono inoltre trattati nella sezione 12 "sottoservizi e fognature".

4.2.2 Prescrizioni per gli scavi

Gli scavi potranno essere eseguiti a mano o con mezzi meccanici, secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo dalla Direzione Lavori

Nella esecuzione dei lavori di scavo l'Appaltatore dovrà farsi carico delle prescrizioni e degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo.

- a) Rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisoriale secondo quote e pendenze di progetto. Se il fondo degli scavi risultasse smosso, l'Appaltatore o compatterà detto fondo fino ad ottenere una compattazione pari al 95% della massima densità secca ottenibile in laboratorio (Proctor Modificata), o sostituirà il terreno smosso, con materiale idoneo o con calcestruzzo magro.
- b) Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della Direzione Lavori, prima di procedere a fasi di lavoro successive o ricoprimenti; nel caso in cui questa prassi non venisse rispettata la Direzione Lavori potrà richiedere all'Appaltatore di mettere a nudo le parti occultate senza che questi abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere.
- c) Provvedere alla demolizione e/o rimozione dei trovanti di qualsiasi natura e dimensione provvedendo altresì alla frantumazione dei materiali non trasportabili e/o non riutilizzabili.
- d) Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla Direzione Lavori, scavi campione con prelievo di saggi e/o effettuazione di prove ed analisi.
- e) Provvedere al carico, trasporto e scarico del materiale proveniente dagli scavi che l'Appaltatore intendesse riutilizzare, purché idoneo. È inteso incluso anche l'eventuale onere per il reperimento di idonee aree di stoccaggio, il deposito ordinato e la ripresa dei materiali. In ogni caso le materie depositate non dovranno essere di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche e private, nonché al libero deflusso delle acque scorrenti in superficie. La Direzione Lavori potrà fare asportare a spese dell'Appaltatore le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.
- f) Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna nelle aree di scavo.
- g) Sottrarre alla viabilità il minor spazio possibile e adottare i provvedimenti necessari a rendere sicuro il transito dei veicoli e dei pedoni.
- h) Redigere lo stato di consistenza degli edifici, qualora gli scavi abbiano sviluppo lungo strade fabbricate, con attento esame delle fondazioni degli edifici antistanti per accertare natura, consistenza e profondità delle fondazioni stesse; qualora qualche fabbricato presenti lesioni, o induca a prevederne la formazione in seguito ai lavori, sarà obbligo dell'Appaltatore redigerne lo stato di consistenza in contraddittorio con le proprietà interessate, corredandolo di idonea documentazione fotografica ed istallando, all'occorrenza idonee spie.

- i) Nel caso in cui le canalizzazioni intersechino altri servizi pubblici sotterranei (condutture per acqua e gas, cavi elettrici, cavi telefonici, manufatti in genere, ecc.) saranno a carico dell'Amministrazione Appaltante esclusivamente le spese occorrenti per quegli spostamenti dei suddetti servizi che, a giudizio della Direzione Lavori, risultassero strettamente indispensabili, mentre tutti gli oneri che Appaltatore dovrà sostenere per le maggiori difficoltà derivanti ai lavori a causa di tali servizi si intendono già remunerati dai prezzi di elenco.
- j) Provvedere al contenimento delle pareti degli scavi in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, ed in conformità alle norme di sicurezza per garantire la stabilità degli scavi stessi, dei manufatti e fabbricati eventualmente in adiacenza.
- k) Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campione, etc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrato di qualsiasi natura; inclusa, ove necessario la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o temporaneamente deviate.
- Gli scavi di fondazione per la posa di tubazioni non dovranno presentare, alle pareti, blocchi sporgenti o pietre pericolanti; dovranno avere il piano d'appoggio dei tubi regolarmente spianato con eliminazione di ogni sporgenza e rialzo, ma non con ricolmo delle depressioni, e perciò la profondità effettiva degli scavi potrà essere maggiore di quella indicata nei profili senza che l'Appaltatore possa pretendere speciali compensi. Nel paleggiamento delle materie fuori dagli scavi si dovranno tenere separate quelle terrose, sciolte e fini da quelle grosse e da quelle vegetali, per potere eseguire a regola d'arte i successivi rinterrati. Le armature permanenti degli scavi verranno installate, di norma, ove indicato nei disegni di progetto o ordinate dalla Direzione Lavori e saranno realizzate mediante:
- calcestruzzo spruzzato armato con rete metallica elettrosaldata a maglia quadrata;
 - rete metallica zincata o zincata-plastificata a maglia esagonale.
- L'Appaltatore potrà proporre l'installazione di armature a protezioni permanenti qualora le ritenga necessarie per la stabilità degli scavi e per evitare eventuali danni a persone o cose. In questo caso l'Appaltatore, per ottenere il pagamento della armatura prescelta, dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori il tipo ed il numero delle armature. Malgrado tale approvazione l'Appaltatore resta il solo ed unico responsabile circa la piena efficienza e funzionalità della armatura adottata a sostegno degli scavi.
- l) Adottare tutte le cautele necessarie nel caso del rinvenimento di antichi canali sotterranei: tutti gli oneri legati alle opere inerenti al caso saranno a carico dell'Appaltatore.

4.2.3 Scavi di svuotamento all'interno di gallerie scatolari e stazioni

Le attività di scavo di svuotamento in gallerie scatolari seguono le stesse prescrizioni delle gallerie naturali per quanto agli oneri collegati alla sicurezza degli operatori impiegati al fronte di scavo. Rimangono pertanto a carico dell'Appaltatore gli oneri per l'erogazione dell'aria sana e dell'illuminazione secondo gli standards e i parametri normativi vigenti.

4.3 Rinterrati

Per rinterrati si intendono:

- la bonifica di zone di terreno non adeguato, al disotto del piano di posa di manufatti e rilevati, effettuata mediante sostituzione dei terreni esistenti con materiale idoneo;
- il riempimento di scavi relativi a fondazioni, trincee, cunicoli, pozzetti, etc. eseguito in presenza di manufatti;
- la sistemazione superficiale eseguita con o senza apporto di materiale.

Nella effettuazione dei rinterrati l'Appaltatore dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni ed oneri:

- a) La bonifica del terreno dovrà essere eseguita, oltre quanto previsto dal progetto, ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare delle zone di terreno non idoneo e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto.
- b) Se il terreno in sito risultasse altamente compressibile, non compatibile, dotato di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche, esso dovrà essere sostituito con materiale appartenente ai gruppi (CNR-UNI 10006):
A1, A2, A3 se proveniente da cave di prestito;
A1, A2, A3, A4 se proveniente dagli scavi.

- c) Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm, (materiale sciolto) e compattato fino a raggiungere il 95% della densità secca (Proctor Modificato).
- d) Per il materiale dei gruppi A2 ed A4 gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto).
- e) Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'Appaltatore dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa; per il rinterro dovrà essere utilizzato materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A1 ed A3 (UNI-CNR 10006).
- f) Per i rinterri da addossare alle murature si dovranno sempre impiegare materie sciolte o ghiaiose, opportunamente compattate, restando vietato in modo assoluto l'impiego di quelle argillose ed, in genere, di tutte quelle che, con l'assorbimento di acqua, si rammolliscono e si gonfiano generando spinte sulle murature. È vietato addossare terrapieni a murature di fresca costruzione.
- g) Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrato e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).
In linea di massima i materiali da utilizzare in detti rinterri saranno specificati sui disegni costruttivi prodotti dall'Appaltatore.
- h) La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali idonei sia provenienti dagli scavi che di fornitura dell'Appaltatore, e dovrà essere effettuata con spandimento a strati procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

4.4 Rilevati stradali

4.4.1 Formazione dei piani di posa dei rilevati

I piani avranno l'estensione dell'intera area di appoggio e potranno essere continui od opportunamente gradonati secondo i profili e le indicazioni che saranno dati dalla Direzione Lavori in relazione alle pendenze dei siti d'impianto.

I piani suddetti saranno stabiliti di norma alla quota di cm 20 al di sotto del piano di campagna e saranno ottenuti praticando i necessari scavi di sbancamento tenuto conto della natura e consistenza delle formazioni costituenti i siti d'impianto preventivamente accertate, anche con l'ausilio di prove di capacità portante.

Quando alla suddetta quota si rinverranno terreni appartenenti ai gruppi A₁, A₂, A₃ (classifica C.N.R. - U.N.I. 10006) la preparazione dei piani di posa consisterà nella compattazione di uno strato sottostante il piano di posa stesso per uno spessore non inferiore a cm 30, in modo da raggiungere una densità secca pari almeno al 95% della densità massima Proctor modificata determinata in laboratorio, modificando il grado di umidità delle terre fino a raggiungere il grado di umidità ottima prima di eseguire la compattazione.

Quando invece i terreni rinvenuti alla quota di cm 20 al di sotto del piano di campagna appartengano ai gruppi A₄, A₅, A₆, A₇ (classifica C.N.R. - U.N.I. 10006/1963), la Direzione Lavori potrà ordinare, a suo insindacabile giudizio, l'approfondimento degli scavi per sostituire i materiali in loco con materiale per la formazione dei rilevati appartenente ai gruppi A₁ e A₃.

Tale materiale dovrà essere compattato, al grado di umidità ottima, fino a raggiungere una densità secca non inferiore al 90% della densità massima Proctor modificata.

La terra vegetale risultante dagli scavi potrà essere utilizzata per il rivestimento delle scarpate se ordinato dalla Direzione Lavori

E' categoricamente vietata la messa in opera di tale terra per la costituzione dei rilevati.

Circa i mezzi costipanti e l'uso di essi si fa riferimento a quanto specificato nei riguardi del costipamento dei rilevati.

Nei terreni in sito particolarmente sensibili all'azione delle acque, occorrerà tener conto dell'altezza di falda delle acque sotterranee e predisporre, per livelli di falda molto superficiali, opportuni drenaggi; questa lavorazione verrà compensata con i relativi prezzi di elenco.

Per terreni di natura torbosa o comunque ogni qualvolta la Direzione Lavori non ritenga le precedenti lavorazioni atte a costituire un idoneo piano di posa per i rilevati, la Direzione Lavori stessa ordinerà tutti quegli interventi che a suo giudizio saranno ritenuti adatti allo scopo, i quali saranno eseguiti dall'Appaltatore a misura in base ai prezzi di elenco.

Si precisa che quanto sopra vale per la preparazione dei piani di posa dei rilevati su terreni naturali.

In caso di appoggio di nuovi a vecchi rilevati per l'ampliamento degli stessi, la preparazione del piano di posa in corrispondenza delle scarpate esistenti sarà fatta procedendo alla gradonatura di esse mediante la formazione di gradoni di altezza non inferiore a cm 50, previa rimozione della cotica erbosa che potrà essere utilizzata per il rivestimento delle scarpate quando ordinato dalla Direzione Lavori, portando il sovrappiù a discarica a cura e spese dell'Appaltatore.

Anche il materiale di risulta proveniente dallo scavo dei gradoni al di sotto della cotica sarà accantonato, se idoneo, o portato a rifiuto, se inutilizzabile.

Si procederà quindi al riempimento dei gradoni con il predetto materiale scavato ed accantonato, se idoneo, o con altro idoneo delle stesse caratteristiche richieste per i materiali dei rilevati con le stesse modalità per la posa in opera, compresa la compattazione.

Comunque la Direzione Lavori si riserva di controllare il comportamento globale dei piani di posa dei rilevati mediante la misurazione del modulo di compressibilità M_E determinato con piastra da 30 cm di diametro (Norme svizzere VSS-SNV 670317). Il valore di M_E misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di scarico e nell'intervallo di carico compreso fra 0,05 e 0,15 N/mm², non dovrà essere inferiore a 15 N/mm².

4.4.2 Formazione dei piani di posa delle fondazioni stradali in trincea

Anche nei tratti in trincea, dopo aver effettuato lo scavo del cassonetto si dovrà provvedere alla preparazione del piano di posa della sovrastruttura stradale, che verrà eseguita, a seconda della natura del terreno, in base alle seguenti lavorazioni:

- a) quando il terreno appartiene ai gruppi A_1, A_2, A_3 (classifica C.N.R. -U.N.I. 10006) si procederà alla compattazione dello strato di sottofondo che dovrà raggiungere in ogni caso una densità secca almeno del 95% della densità di riferimento, per uno spessore di cm 30 al di sotto del piano di cassonetto ;
- b) quando il terreno appartiene ai gruppi A_4, A_5, A_6, A_7, A_8 (classifica C.N.R. - U.N.I. 10006) la Direzione dei Lavori potrà ordinare, a suo insindacabile giudizio, la sostituzione del terreno stesso con materiale arido per una profondità al di sotto del piano di cassonetto, che verrà stabilita secondo i casi, mediante apposito ordine di servizio dalla Direzione Lavori

Per la preparazione del piano di posa si dovrà raggiungere una densità secca almeno del 95% di quella di riferimento per uno spessore di cm 30 al di sotto del piano di cassonetto.

Il comportamento globale dei cassonetti in trincea sarà controllato dalla Direzione dei Lavori mediante la misurazione del modulo di compressibilità M_E il cui valore, misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di carico e nell'intervallo di carico compreso fra 0,15 e 0,25 N/mm², non dovrà essere inferiore a 50 N/mm².

4.4.3 Formazione dei rilevati

- 1 - I rilevati saranno eseguiti con le esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto, ma non dovranno superare la quota del piano di appoggio della fondazione stradale.
- 2 - Nella formazione dei rilevati saranno innanzitutto impiegate le materie provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria appartenenti ad uno dei seguenti gruppi A_1, A_2, A_3 della classifica C.N.R. -U.N.I. 10006/1963, con l'avvertenza che l'ultimo strato del rilevato sottostante la fondazione stradale, per uno spessore non inferiore a m 2 costipato, dovrà essere costituito da terre dei gruppi $A_1, A_{2-4}, A_{2-5}, A_3$ se reperibili negli scavi; altrimenti deciderà la Direzione Lavori se ordinare l'esecuzione di tale ultimo strato con materiale di altri gruppi provenienti dagli scavi o con materie dei predetti gruppi $A_1, A_{2-4}, A_{2-5}, A_3$ da prelevarsi in cava di prestito. Per quanto riguarda le materie del gruppo A_4 provenienti dagli scavi, la Direzione Lavori prima dell'impiego potrà ordinarne l'eventuale correzione.
- 3 - Per quanto riguarda il materiale proveniente da scavi di sbancamento e di fondazione appartenenti ai gruppi A_4, A_5, A_6, A_7 si esaminerà di volta in volta l'eventualità di portarlo a rifiuto ovvero di utilizzarlo previa idonea correzione.
- 4 - I rilevati con materiali corretti potranno essere eseguiti dietro ordine della Direzione Lavori solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali del corpo stradale.

- 5 - Le materie di scavo, provenienti da tagli stradali o da qualsiasi altro lavoro che risultassero esuberanti o non idonee per la formazione dei rilevati o riempimento dei cavi, dovranno essere trasportate a rifiuto fuori della sede stradale, a debita distanza dai cigli, e sistemate convenientemente, restando a carico dell'Appaltatore ogni spesa, ivi compresa ogni indennità per occupazione delle aree di deposito ed il rilascio delle autorizzazioni necessarie da parte degli Enti preposti alla tutela del territorio.
- 6 - Fintanto che non siano state esaurite per la formazione dei rilevati tutte le disponibilità dei materiali idonei provenienti dagli scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria, le eventuali cave di prestito che l'Appaltatore volesse aprire, ad esempio per economia di trasporti, saranno a suo totale carico. L'Appaltatore non potrà quindi pretendere sovrapprezzi, né prezzi diversi da quelli stabiliti in elenco per la formazione di rilevati con utilizzazione di materie provenienti dagli scavi di trincea, opere d'arte ed annessi stradali, qualora, pure essendoci disponibilità ed idoneità di queste materie scavate, ritenesse di sua convenienza, per evitare rimaneggiamenti o trasporti a suo carico, di ricorrere, in tutto o in parte, a cave di prestito.
- 7 - Qualora una volta esauriti i materiali provenienti dagli scavi ritenuti idonei in base a quanto sopra detto, occorressero ulteriori quantitativi di materie per la formazione dei rilevati, l'Appaltatore potrà ricorrere al prelievo di materie da cave di prestito, sempre che abbia preventivamente richiesto ed ottenuto l'autorizzazione da parte della Direzione Lavori
- 8 - È fatto obbligo all'Appaltatore di indicare le cave, dalle quali intende prelevare i materiali costituenti i rilevati, alla Direzione Lavori che si riserva la facoltà di fare analizzare tali materiali presso Laboratori ufficiali ma sempre a spese dell'Appaltatore.
Solo dopo che vi sarà l'assenso della Direzione Lavori per l'utilizzazione della cava, l'Appaltatore è autorizzato a sfruttare la cava per il prelievo dei materiali da portare in rilevato.
L'accettazione della cava da parte della Direzione Lavori non esime l'Appaltatore dall'assoggettarsi in ogni periodo di tempo all'esame dei materiali cavati, le cui caratteristiche dovranno corrispondere sempre a quelle di prescrizione e pertanto, ove la cava in seguito non si dimostrasse capace di produrre materiale idoneo per una determinata lavorazione, essa non potrà più essere coltivata.
- 9 - Per quanto riguarda le cave di prestito l'Appaltatore, dopo aver ottenuto la necessaria autorizzazione da parte degli Enti preposti alla tutela del territorio, è tenuto a corrispondere le relative indennità ai proprietari di tali cave e a provvedere a proprie spese al sicuro e facile deflusso delle acque che si raccogliessero nelle cave stesse, evitando nocivi ristagni e danni alle proprietà circostanti e sistemando convenientemente le relative scarpate, in osservanza anche di quanto è prescritto dall'art. 202 del T.U. delle leggi sanitarie 27 luglio 1934, n. 1265 e dalle successive modifiche; dal T.U. delle leggi sulla bonifica dei terreni paludosi 30 dicembre 1923, n. 3267, successivamente assorbito dal testo delle norme sulla Bonifica Integrale approvato con R.D. 13 febbraio 1933, n. 215 e successive modifiche.
- 10 - Il materiale costituente il corpo del rilevato dovrà essere messo in opera a strati di uniforme spessore, non eccedente cm 50.
Il rilevato per tutta la sua altezza dovrà presentare i requisiti di densità riferita alla densità massima secca Proctor modificata non inferiore al 90% negli strati inferiori ed al 95% in quello superiore (ultimi 30 cm).
Inoltre per tale ultimo strato, che costituirà il piano di posa della fondazione stradale, dovrà ottenersi un modulo di compressibilità M_E definito dalle Norme Svizzere (SNV 670317), il cui valore, misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di carico e nell'intervallo di carico compreso fra 0,15 e 0,25 N/mmq, non dovrà essere inferiore a 50 N/mmq.
Ogni strato sarà costipato alla densità sopra specificata procedendo alla preventiva essiccazione del materiale se troppo umido, oppure al suo innaffiamento, se troppo secco, in modo da conseguire una umidità non diversa da quella ottima predeterminata in laboratorio, ma sempre inferiore al limite di ritiro.
L'Appaltatore non potrà procedere alla stesa degli strati successivi senza la preventiva approvazione della Direzione Lavori
Ogni strato dovrà presentare una superficie superiore conforme alla sagoma dell'opera finita così da evitare ristagni di acqua e danneggiamenti.
Non si potrà sospendere la costruzione del rilevato, qualunque sia la causa, senza che ad esso sia stata data una configurazione e senza che nell'ultimo strato sia stata raggiunta la densità prescritta.

Le attrezzature di costipamento saranno lasciate alla libera scelta dell'Appaltatore ma dovranno comunque essere atte ad esercitare sul materiale, a seconda del tipo di esso, un genere di energia costipante tale da assicurare il raggiungimento delle densità prescritte e previste per ogni singola categoria di lavoro.

Pur lasciando libera la scelta del mezzo di costipamento da usare, si prescrive per i terreni di rilevati riportabili ai gruppi A₁, A₂, A₃ un costipamento a carico dinamico-sinusoidale e per terreni di rilevati riportabili ai gruppi A₄, A₅, A₆, A₇ un costipamento mediante rulli a punte e carrelli pigiatori gommati.

In particolare, in adiacenza dei manufatti, che di norma saranno costruiti prima della formazione dei rilevati, i materiali del rilevato dovranno essere del tipo A₁, A₂, A₃ e costipati con energia dinamica di impatto.

La Direzione Lavori si riserva comunque la facoltà di ordinare la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante mescolazione in sito del legante in ragione di 25 ÷ 50 Kg per mc di materiale compattato.

- 11 - Il materiale dei rilevati potrà essere messo in opera durante i periodi le cui condizioni meteorologiche siano tali, a giudizio della Direzione Lavori, da non pregiudicare la buona riuscita del lavoro.
- 12 - L'inclinazione da dare alle scarpate sarà quella di cui alle sezioni di norma allegate al progetto.
- 13 - Man mano che si procede alla formazione dei rilevati, le relative scarpate saranno rivestite con materiale ricco di humus dello spessore non superiore a cm 30 proveniente o dalle operazioni di scoticamento del piano di posa dei rilevati stessi, o da cave di prestito, ed il rivestimento dovrà essere eseguito a cordoli orizzontali e da costiparsi con mezzi idonei in modo da assicurare una superficie regolare.
Inoltre le scarpate saranno perfettamente configurate e regolarizzate procedendo altresì alla perfetta profilatura dei cigli.
- 14 - Se nei rilevati avvenissero dei cedimenti dovuti a trascuratezza delle buone norme esecutive, l'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarica, rinnovando, ove occorre, anche la sovrastruttura stradale.
- 15 - Qualora si dovessero costruire dei rilevati non stradali (argini di contenimento), i materiali provenienti da cave di prestito potranno essere solo dei tipi A₆, A₇. Restano ferme le precedenti disposizioni sulla compattazione.
- 16 - In alcuni casi la Direzione Lavori potrà, al fine di migliorare la stabilità del corpo stradale, ordinare la fornitura e la posa in opera di teli "geotessili" in strisce contigue opportunamente sovrapposte nei bordi per almeno cm 40. La resistenza a trazione del telo non dovrà essere inferiore a 1200 N/5 cm.
- 17 - Per la realizzazione di rilevati stradali al di sopra di gallerie artificiali si dovrà aver cura, oltre che del rispetto di tutti i punti precedenti, anche di non danneggiare l'impermeabilizzazione posta a rivestimento del solettone di copertura.

5. CONTROLLI DI QUALITA'

5.1 Generalità

L'Appaltatore non è tenuto a redigere il documento: "PIANO DI QUALITA' DI COSTRUZIONE E INSTALLAZIONE – "MOVIMENTI DI TERRA".

Si evidenzia comunque che a carico dell'Appaltatore medesimo permangono gli obblighi descritti nei capitoli precedenti della presente Sezione di CSA – Parte B nonché quanto di seguito descritto.

5.2 Controlli di qualità per gli scavi

5.2.1 Campo di applicazione

La presente specifica si applica a tutti i tipi di scavo definiti in contratto.

5.2.2 Documenti di riferimento

La presente specifica fa riferimento alla documentazione di tipo contrattuale, a tutta la documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche, ecc. e alla Normativa vigente in materia di:

- impiego di esplosivi
- trasporto e smaltimento di rifiuti

5.2.3 Scavi a mano o a macchina

Dovranno essere effettuati i controlli di seguito specificati.

- a) Qualità del fondo scavo per verificare se lo stesso è smosso.
Questo controllo sarà di tipo visivo e sarà comunque segnalato alla Direzione Lavori che potrà richiedere le verifiche che riterrà opportune per accertare l'effettivo stato del fondo al fine di individuare la modalità più idonea per il raggiungimento del requisito di qualità richiesto.
- b) controllo compattazione fondo scavo, fino al 95% della massima densità secca ottenibile in laboratorio (AASHO modificata).
La prova in oggetto sarà effettuata quando all'Appaltatore è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo.
Essa sarà segnalata alla Direzione Lavori ed eseguita presso un laboratorio qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori e ne sarà rilasciato apposito certificato.
La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 mq o su lotti di scavo di 1000 mq
- c) Rispetto delle quote di progetto e delle pendenze delle pareti.
Questo controllo sarà eseguito dall'Appaltatore durante l'esecuzione di ogni singolo scavo o lotto di scavo (scavo di trincee) ed in ogni caso con la frequenza necessaria affinché gli scavi siano eseguiti secondo le pendenze e le quote di progetto.

5.2.4 Sostegno pareti di scavo

Per i controlli richiesti per questa operazione si farà riferimento al punto 4.2.2.j della presente Sezione.

5.3 Controlli di qualità per i rinterri

5.3.1 Campo di applicazione

La presente specifica si applica a tutti i tipi di rinterro così come definiti nel contratto.

In particolare, la presente specifica è applicabile alle operazioni di:

- bonifica dei terreni;
- riempimento degli scavi;
- sistemazioni superficiali.

5.3.2 Documenti di riferimento

La presente specifica fa riferimento alla documentazione di tipo contrattuale, a tutta la documentazione di progetto quale disegni, ecc. e alle seguenti norme e regolamenti:

- CNR-UNI 10006
- CNR-B.U. n.69.
- CNR-B.U. n.9

5.3.3 Controlli sui materiali

Per l'esecuzione dei rinterri è previsto e consentito l'utilizzo dei materiali, indicati nella presente sezione. I materiali saranno classificati prima del loro utilizzo secondo la norma CNR-UNI 10006 con le seguenti modalità:

- materiale proveniente da scavo: una prova ogni 10.000 m³
- materiale proveniente da cava: non si effettueranno prove in campo ma il materiale dovrà provenire da cava qualificata dall'Appaltatore e accompagnato da relativo certificato (per ogni lotto omogeneo di materiale) emesso dalla cava, attestante la specifica ed i controlli sulla qualità del materiale in accordo alle procedure di C.Q.
Le prove saranno effettuate presso un laboratorio di cantiere qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori

Tutte le prove saranno eseguite in conformità ai requisiti della normativa UNI. Le prove di carico su piastra saranno eseguite in conformità alla normativa Svizzera VSS SNV 670317.

Il materiale scavato che verrà riutilizzato nell'ambito dei lavori sarà soggetto a delle prove mirate alla sua classificazione (vagliatura, misura del limite liquido e del limite plastico) con una frequenza di un set di prova ogni 2000 mc se il materiale non cambia e un set di prova ad ogni cambiamento del materiale.

Prima del loro utilizzo in cantiere, tutti i materiali verranno sottoposti a prove di classificazione e a prove Proctor modificata con una frequenza di un set di prove ogni 2000 mc per ciascun tipo di materiale impiegato. Ciascun tipo di materiale sarà soggetto a almeno 3 prove giornaliere di controllo del contenuto di umidità naturale.

Il materiale messo in opera verrà controllato giornalmente secondo le seguenti modalità:

- a) controllo dello spessore degli strati ogni 200 mq;
- b) misura della densità secca in sito e del contenuto di umidità del terreno compattato per ogni strato messo in opera, con un minimo di una prova ogni 200 mq;
- c) per i rilevati stradali misurazione del modulo di compressibilità M_E con piastra di 30cm di diametro ogni 200 mq.

Copia di tutti i certificati di prova dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori. La localizzazione delle aree da provare sarà a discrezione della Direzione Lavori

5.3.4 Controlli in corso d'opera

- a) Controllo della conformità del materiale
in accordo alle specifiche e mediante l'esame dei certificati accompagnanti ogni lotto conferito in cantiere da cava o scavo.
- b) Verifica di compattazione
in accordo alle norme AASHO con il limite di accettabilità del 95% densità secca AASHO, secondo CNR-B.U. n.69., con le seguenti incidenza di prova:
 - bonifiche 1 ogni 1000 m³ (min. 1 ogni opera)
 - strati drenati 1 ogni 1000 m³ (min. 1 ogni opera)
- c) Verifica del modulo di deformazione
in accordo alla norma CNR - BU n.9 con limite di accettabilità non inferiore a 20 N/mirr, da effettuare con le seguenti incidenze:
 - bonifiche 1 ogni 1000 me (min. 1 ogni opera)
 - strati drenati 1 ogni 1000 m³ (min. 1 ogni opera)
- d) Verifica dello spessore degli strati
i quali dovranno rientrare nei seguenti limiti di accettabilità:
 - per terre di gruppo A1 e A3 s = 50 cm (materiale sciolto)
 - per terre di gruppo A2 e A4 s = 30 cm(materiale sciolto)

Le prove di compattazione e di modulo di deformazione saranno eseguite presso il laboratorio qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori

Per ogni prova di compattazione e di modulo di deformazione saranno emessi dal laboratorio i relativi certificati con l'indicazione di:

- opera di riferimento
- caratteristiche identificative del lotto testato
- data di esecuzione del test
- risultati ottenuti
- nome e firma del controllore.

5.4 Controlli di qualità per i rilevati

5.4.1 Campo di applicazione

La presente specifica si applica ai vari tipi di rilevati definiti nel contratto e si riferisce ai seguenti manufatti:

- Rilevati
- Strato supercompattato
- Sub-Ballast

destinati all'alloggio dei piani di posa di strutture viarie.

5.4.2 Documenti di riferimento

La presente specifica fa riferimento alla documentazione di tipo contrattuale, a tutta la documentazione di progetto quale disegni, ecc. e alle seguenti norme e regolamenti:

- CNR-UNI 10006,10009
- CNR-Bollettino Ufficiale nn. 2, 9,24,27,29, 30,34,39,40,68,69

- CNR-Bollettino Ufficiale del 11/12/67 CNR-fasc. 4/53

5.4.3 Materiali per la formazione del rilevato

Per la realizzazione dei rilevati è previsto e consentito l'utilizzo dei materiali indicati al punto 3.4. della presente Sezione. Ogni controllo dovrà essere certificato da apposito documento che, oltre all'esito delle prove o verifiche, dovrà chiaramente indicare:

- l'opera di riferimento
- la provenienza del materiale testato, con indicazione del lotto o qualsiasi altro elemento identificativo;
- il nominativo dell'operatore che ha eseguito la prova;
- data e luogo della prova;
- visto di chi ha approvato l'emissione del certificato;

Le certificazioni suddette accompagneranno sempre il lotto di materiale all'atto del conferimento in sede di posa in opera.

– Rilevati stradali

Per verificare l'accettabilità dei materiali sciolti si dovrà procedere alla prova di Classificazione del materiale, secondo CNR-UNI 10006.

Per materiali provenienti da cave, precedentemente qualificate dall'Appaltatore, l'accettazione è collegata alla presentazione del dossier di qualifica della cava completo dei certificati di qualifica del materiale stesso ed approvato dalla Direzione Lavori

Nel suddetto caso l'Appaltatore dovrà preventivamente notificare per lettera alla Direzione Lavori, il riferimento della cava qualificata che intende utilizzare.

Per materiali provenienti da scavo le prove avverranno sullo scavo di approvvigionamento, con una frequenza di una prova ogni 3000 mc di materiale scavato, ed in ogni caso ogni qualvolta cambi la tipologia del materiale scavato. Le prove saranno effettuate in laboratorio di cantiere qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori

L'esito delle prove sarà riportato e trasmesso alla Direzione Lavori tramite apposito certificato.

Verifica del terreno di riporto dello strato

Il materiale impiegato dovrà pervenire accompagnato da certificazioni, in base alle quali verrà accertato, per ogni strato steso impiegando una unica partita di materiale, l'appartenenza del terreno utilizzato ad un unico gruppo secondo CNR-UNI 10006.

Nel caso di impiego di rocce tufacee, all'atto della posa in opera dei rilevati sarà inoltre cura dell'Appaltatore accertarsi che i materiali con pezzatura compresa tra 7.1 e 25 cm costituiscano meno del 30% del volume del rilevato.

Nel caso di impiego di materiali di natura diversa da quelli approvati in sede di qualificazione del materiale la Direzione Lavori deciderà l'effettuazione del tipo e quantità di prove da effettuare, in accordo a quanto previsto alle prescrizioni della presente sezione del Capitolato Speciale d'Appalto.

– Rilevati in prossimità di opere d'arte

Si verificherà il misto cementato da impiegare, mediante le seguenti prove:

- Classificazione dell'inerte secondo CNR-B.U. n.29
- Determinazione della resistenza all'abrasione LOS ANGELES
- Prova di resistenza a compressione su provini cilindrici compattati a 7 giorni di stagionatura

I limiti di accettabilità delle suddette prove saranno i seguenti:

- Fusco del misto calcareo: tipo A1
- Resistenza all'abrasione Los Angeles < di 30
- Resistenza alla compressione: non inferiore a 1,5 N/mm² e non superiore a 4 N/mm²

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova per ogni stock di materiali della stessa provenienza. Per le prove di compressione la frequenza sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera.

Le prove saranno eseguite presso il laboratorio di cantiere qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori o presso un laboratorio ufficiale.

Le prove dovranno riportare la notazione identificativa dello strato a cui la prova si riferisce, unitamente alle suddette certificazioni di qualifica del materiale impiegato.

– Strato super compattato

I controlli saranno gli stessi di quelli indicati per i rilevati stradali. Sarà altresì effettuata la determinazione del C.B.R., secondo UNI-CNR 10009.

Nel caso specifico di terre del gruppo A3, provenienti da scavi, si procederà anche alla determinazione del coefficiente di disuniformità e dell'equivalente in sabbia con i valori di accettabilità di cui al precedente punto 3.c.

Anche tali valori saranno riportati e certificati con le modalità già indicate per gli altri.

– **Sub ballast**

1. Conglomerato bituminoso

Per quanto riguarda i materiali lapidei provenienti da cave qualificate dall'Appaltatore e approvate dalla Direzione Lavori (aggregato lapideo e filler), essi dovranno provenire da impianto di miscelazione precedentemente qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori

Il responsabile della conduzione dell'impianto di preparazione del conglomerato bituminoso dovrà accertarsi che il materiale utilizzato sia corredato, per lotto di fornitura, dei necessari certificati che dovranno essere conservati a disposizione dell'Appaltatore e della Direzione Lavori

L'impianto di miscelazione dovrà, per ogni fornitura di 10.000 me di conglomerato (o per ogni lotto di fornitura di entità inferiore), certificare che il materiale fornito ha superato le seguenti prove:

a) Aggregato lapideo

classificazione mediante setaccio A.S.T.M n. 10 e quindi:

a1) Sulla Frazione grossa risultante:

Prova della resistenza all'abrasione Los Angeles, secondo Norme CNR-B.U. n.34:

- Determinazione del coefficiente di imbibizione e verifica di materiale non idrofilo, secondo CNR fasc.4/53

a2) Sulla Frazione fina risultante:

- Determinazione dell'equivalente in sabbia, secondo Norme CNR-B.U. n. 27

2. Filler

Il filler sarà controllato mediante prova di setacciatura con passante in peso a secco pari a 100% al setaccio UNI 0.18 (ASTM 80) ed 80% al setaccio UNI 0,0075 (ASTM 200).

3. Bitume

Sarà controllato e qualificato se rispondente alle Norme secondo:

- B.U. n. 2/1951
- CNR-B.U.n.24/1971
- CNR-B.U. n.68/1978

e successivi aggiornamenti.

Le prove saranno eseguite presso l'impianto di preparazione del conglomerato o presso laboratorio qualificato da Appaltatore e approvato della Direzione Lavori e dovranno essere effettuate per ogni fornitore e lotto di fornitura.

4. Additivi

L'Appaltatore dovrà comunicare con sufficiente anticipo alla Direzione Lavori le caratteristiche dell'additivo, il suo dosaggio e i miglioramenti effettivi che si intendono raggiungere.

La Direzione Lavori potrà prescrivere prove specifiche ed aggiuntive e accetterà la specifica.

5. Prove sul conglomerato

A valle dell'acquisizione delle prove sui materiali utilizzati, di cui ai precedenti punti, nel laboratorio dell'impianto di miscelazione o in altro laboratorio qualificato dell'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori, si procederà ai seguenti controlli sulla miscela del conglomerato:

- Classificazione granulometrica ai crivelli UNI sulla miscela inerti/filler
- Verifica dell'umidità residua dopo essiccazione degli inerti lapidei,
- Verifica della percentuale ottimale di bitume, in base a prova Marshall (CNRB.U. n.30)
- Determinazione stabilità Marshall (a) secondo CNR-B.U. n.30 con limite di accettabilità: min. 750
- Determinazione scorrimento Marshall (b), secondo CNR- B.U. n.30 con limite di accettabilità: 2-4 mm
- Rigidità Marshall (a/b) con limite di accettabilità: min 250
- Determinazione perdita di stabilità Marshall, mediante confronto tra stabilità Marshall originaria con quella misurata su provini mantenuti per 24 ore in acqua a 60°C.; limite di accettabilità: max.

- 25%
- Determinazione dei vuoti residui Marshall. secondo CNR-B.U. n. 39 con limite di accettabilità: 3-6%
- Determinazione del modulo elastico, alle temperature 20°C e 30°C con frequenza di 10 Hz
- Determinazione della resistenza allo scorrimento dinamico con:
 - ♦ frequenza 10 Hz
 - ♦ ampiezza pressione verticale sinusoidale 2 bar
 - ♦ temperatura 30°C
 - ♦ senza pressione laterale e con pressione laterale di 1,5 bar
- Determinazione della resistenza a trazione con provini cilindrici di dimensioni $b = 10\text{cm}$ e $h = 11\text{cm}$ a 20°C alla velocità di 1 mm/sec

Le suddette verifiche saranno effettuate sui materiali prodotti in un impianto già qualificato dall'Appaltatore, con frequenza minima giornaliera

Ogni prova sarà effettuata presso laboratorio qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori
Ognuna delle prove sarà certificata su documento riportante:

- dati identificativi del lotto di produzione
- data della prova;
- individuazione dell'impianto di produzione;
- individuazione del laboratorio;
- esito della prova.

I materiali di fornitura, necessari ad uno strato di 1000 mq di sub ballast, saranno accompagnati da un certificato, emesso dall'impianto di preparazione del conglomerato, attestante la conformità del lotto alle specifiche del presente Capitolato, sia per quanto riguarda i materiali impiegati che il conglomerato pronto per l'uso.

Nel caso di fornitura di lotti di entità inferiore all'equivalente di 1000 mq di strato di sub ballast, ognuno di essi sarà certificato allo stesso modo di cui sopra.

L'Appaltatore determinerà, all'atto di qualificazione di ciascun impianto, la curva di lavoro che intenderà impiegare e la certificherà trasmettendola alla Direzione Lavori

5.4.4 Terreno in situ

Il terreno in situ, piano d'appoggio del rilevato, sarà soggetto alle seguenti verifiche:

a) Classificazione secondo Norma CNR- UNI 10006

La frequenza delle prove sarà di 1 prova ogni 10.000 m³ con un minimo di una prova per ogni opera.

Le prove saranno effettuate in laboratorio qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori o presso laboratorio ufficiale.

Le prove saranno riportate e trasmesse alla Committente in apposito modulo, riportante l'indicazione della zona di campionamento, il laboratorio presso cui si è effettuata la prova e l'esito della prova.

b) Verifica del grado di compattazione

Qualora sia stata eseguita compattazione, si effettueranno le seguenti prove:

- Verifica della densità secca riferita alla densità AASHO Modificata secondo Norma CNR-B.U.n.69
- Misura del modulo di deformazione eseguita secondo Norma CNR-B.U. n.9.

La frequenza di ognuna delle due prove suddette sarà la seguente:

Caso A) Per piani di posa di rilevati: una serie di prove su ogni 4000 mq con un minimo di 1 prova per ogni opera.

Caso B) Per terreno utilizzato quale piano di posa del sub-ballast: una serie di prove su ogni 1000 m² con un minimo di 1 prova per ogni opera.

Tutte le prove dovranno essere effettuate in laboratorio di cantiere qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori o presso laboratorio ufficiale.

I controlli suddetti dovranno dare esiti tali da rientrare nei seguenti limiti di accettabilità:

Caso A) densità secca del 95% della densità AASHO modificata modulo di deformazione > di 20 N/mm²

Caso B) densità secca del 95% della densità AASHO modificata modulo di deformazione > di 80 N/mm²

Le verifiche di compattazione potranno essere presenziate dalla Direzione Lavori che potrà indicare i punti di

campionamento.

5.4.5 Formazione dei rilevati

- Rilevati in prossimità di opere d'arte

Per ognuna delle singole coppie di strati e per ogni strato costituente la coppia stessa, dopo compattazione, si dovranno effettuare le seguenti prove:

- Verifica della densità secca riferita alla densità AASHO Modificata secondo Norma CNR-B.U.n.69
- Misura del modulo di deformazione eseguita secondo Norma CNR-B.U. n. 9

La frequenza delle due prove sarà in ragione di una prova ogni strato di ognuna delle coppie di strati poste in opera.

Le prove saranno effettuate in laboratorio qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori o presso laboratorio ufficiale.

Le prove dovranno riportare la notazione identificativa dello strato a cui la prova si riferisce, unitamente alle suddette certificazioni di qualifica del materiale impiegato.

I controlli suddetti dovranno dare esiti tali da rientrare nei seguenti limiti di accettabilità:

- Per lo strato di misto calcareo, costituente lo strato cementato, la compattazione dovrà avere una densità secca pari al 95% della densità AASHO modificata ed uno spessore di 20 cm (compattato).
- Per lo strato di misto naturale, la compattazione dovrà avere una densità secca pari al 95% della densità AASHO modificata ed uno spessore di 25 cm (compattato).

Le verifiche di compattazione potranno essere presenziate dalla Direzione Lavori, la quale potrà indicare i punti di campionamento. Si effettuerà inoltre una verifica dello spessore dei singoli strati di riporto.

- Rilevati stradali

In corso di realizzazione di tutti i rilevati stradali si dovranno effettuare i controlli seguenti.

a) Verifica della stesura e del livellamento degli strati

Per quanto concerne gli spessori massimi degli strati, si dovranno accertare i seguenti valori:

- Per terre dei gruppi A1, A3, (Norma CNR-UNI 10006) spessore massimo 50 cm (Materiale Sciolto)
- Per terre dei gruppi A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A4 e A6 (Norma CNR- UNI 10006) spessore massimo 30 cm (Materiale sciolto)
- Per l'utilizzo di frammenti rocciosi (della dimensione massima di 25 cm) spessore massimo 50 cm

Si verificherà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia di circa il 3% e che le scarpate dei rilevati mantengano pendenze non superiori a quelle riportate in progetto.

Le sopraccitate verifiche saranno effettuate per ogni strato e almeno per ogni 1000 mq

b) Verifica della compattazione

Al termine della stesura e compattazione di ciascuno strato si procederà all'effettuazione delle seguenti prove:

- Verifica della densità secca riferita alla densità AASHO Modificata secondo Norma CNR-B.U.n.69
- Misura del modulo di deformazione eseguita secondo Norma CNR-B.U. n.9

La frequenza di ognuna delle suddette prove avverrà in ragione di 1 prova su ogni 3000 mq su ciascuno strato con un minimo di 1 prova per strato per ogni opera.

Tutte le singole prove saranno effettuate in laboratorio di cantiere qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori La Direzione Lavori potrà richiedere, in base a motivate esperienze tecniche, eventuali prove integrative.

I controlli suddetti dovranno dare esiti tali da rientrare nei seguenti limiti di accettabilità:

- Densità secca \pm del 90% della densità AASHO modificata
- Modulo di deformazione: (Norma CNR-B.U. n.9): ≥ 20 N/mmq

Nel caso di utilizzo, preventivamente approvato, di frammenti di roccia, dovrà essere effettuata unicamente la prova di determinazione del modulo di deformazione (i limiti di accettabilità del modulo di deformazione restano quelli già indicati).

Le verifiche di compattazione potranno essere presenziate dalla Direzione Lavori, la quale potrà indicare i punti di campionamento.

c) Controlli sulla realizzazione di banchine

Dovranno essere verificate, su tutta la lunghezza dei rilevati provvisti di banchine intermedie, le seguenti misure:

- Larghezza delle banchine: 2 m
- Differenza di quota banchina-ciglio del rilevato o altra banchina: max. 6 m

5.4.6 Strato supercompattato

Al termine della stesura dello strato supercompattato si procederà all'esecuzione dei seguenti controlli:

a) Verifica dello spessore e delle pendenze

Si verificherà la conformità a quanto previsto da progetto, relativamente alle pendenze della superficie superiore dello strato e lo spessore dello strato.

b) Verifica della compattazione

Al termine della stesura dello strato si procederà all'effettuazione delle seguenti prove:

- Verifica della densità secca riferita alla densità AASHO Modificata secondo Norma CNR-B.U.n. 69
- Misura del modulo di deformazione eseguita secondo Norma CNR-B.U. n. 9

La frequenza delle prove avverrà in ragione di 1 per ogni 1000 mq o con frequenza maggiore se diversamente indicato dalla Direzione Lavori. Le prove saranno effettuate in laboratorio di cantiere qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori.

I controlli suddetti dovranno dare esiti tali da rientrare nei seguenti limiti di accettabilità:

- densità secca \geq del 98% della densità AASHO modificata
- Modulo di deformazione $>$ di 80 N/mmq

Le verifiche di compattazione potranno essere presenziate dalla Direzione Lavori, la quale potrà indicare i punti di campionamento.

5.4.7 Sub ballast

a) Conglomerato bituminoso

- Verifiche preliminari

All'atto della stesura di ogni strato si procederà alle seguenti verifiche:

- Verifica della temperatura dell'impasto con limite di accettabilità compreso tra 130° e 150°C; nel caso di impiego di additivi le temperature d'impasto dovranno essere maggiori di 10°C rispetto a quelle del conglomerato non additivato.
- Verifica temperatura ambiente $>$ di +5°C
- Verifica visiva delle ottimali condizioni del piano di posa

b) Verifiche della compattazione

Al termine del lavoro di stesura e rullatura si procederà alle seguenti verifiche:

- Determinazione della densità di campioni indisturbati dello strato compattato, secondo Norme CNR-B.U. n.40
- Contenuto dei vuoti residui, secondo Norme CNR-B.U. n.39, su campioni prelevati come sopra
- Determinazione del modulo di deformazione con prova di carico su piastra, secondo modalità di cui al Bollettino Ufficiale CNR-B.U. dell'11/12/67, ma con temperatura dello strato compresa tra 20°C e 30°C

Le prove saranno effettuate in ragione di una prova per ogni 1000 mq di strato posto in opera o con frequenza maggiore se diversamente indicato dalla Direzione Lavori, con un minimo di 1 prova per opera.

Tutte le prove saranno effettuate in laboratorio di cantiere qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori. Tutte le singole prove saranno annotate sul P.C.Q. e trasmesse alla Direzione Lavori tramite apposito modulo.

I controlli suddetti dovranno dare esiti tali da rientrare nei seguenti limiti di accettabilità:

- densità $>$ del 98% della densità dei provini Marshall corrispondenti
- Contenuto dei vuoti compreso tra il 3% e il 6%
- Modulo di deformazione $>$ di 200 N/mmq

Le verifiche di compattazione potranno essere presenziate dalla Direzione Lavori, la quale potrà indicare i punti di campionamento.

c) Verifiche della sagoma

Si procederà a strato finito, alla verifica della sagoma.

5.4.8 Sezioni in trincea

Gli scavi delle trincee saranno eseguiti con le modalità ed i controlli di cui al punto 4.2.

Il terreno in sito, nelle sezioni in trincea, potrà essere utilizzato come piano di posa del sub-ballast se risulta appartenente ai gruppi A1, A3, o A2-4 (CNR-UNI 10006).

Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità AASHO modificata e un modulo di deformazione non inferiore a 80 N/mmq.

Ognuna delle due prove sarà effettuata in ragione di una prova per ogni 1000 mq di piano di posa o con frequenza maggiore se diversamente indicato dalla Direzione Lavori, con un minimo di 1 prova per opera.

Tutte le prove saranno effettuate presso un laboratorio di cantiere qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori

Le verifiche di compattazione potranno essere presenziate dalla Direzione Lavori, la quale potrà indicare i punti di campionamento.

Qualora il terreno in situ dovrà essere utilizzato come piano di appoggio di un rilevato esso sarà soggetto alle verifiche indicate al punto 5.4.4.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 6:

OPERE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. E. Cadamuro		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023

INDICE

SEZIONE 6A – OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA	1
1. DEFINIZIONI.....	1
1.1 Normativa di riferimento	1
1.2 Classificazione dei conglomerati cementizi	1
2. NORME DI MISURAZIONE	3
3. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI	4
3.1 Attività di qualifica.....	5
3.2 Controlli.....	5
3.3 Preavvisi	6
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	6
4.1 Leganti idraulici.....	6
4.2 Calce	6
4.3 Acqua.....	7
4.4 Aggregati.....	7
4.5 Additivi	8
4.5.1 Additivi fluidificanti e superlubrificanti.....	8
4.5.2 Additivi aeranti.....	8
4.5.3 Additivi ritardanti	8
4.6 Aggiunte.....	8
4.6.1 Ceneri volanti	9
4.6.2 Micro-silice (fumi di silice/silica fume).....	9
4.7 Acciai d'armatura	10
4.8 Casseforme.....	11
5. CARATTERISTICHE DELLE MISCELE	11
5.1 Requisiti generali.....	11
5.2 Progettazione delle miscele.....	11
5.2.1 Composizione granulometrica	11
5.2.2 Rapporto Acqua/Cemento.....	12
5.2.3 Lavorabilità.....	12
5.2.4 Contenuto d'aria	13
5.2.5 Resistenza dei calcestruzzi agli agenti esterni.....	13
5.2.6 Calcestruzzi resistenti ai cicli di gelo-disgelo.....	13
5.2.7 Calcestruzzi resistenti all'attacco chimico	13
5.3 Prequalifica del calcestruzzo (studio del mix design).....	14
5.4 Qualifica del calcestruzzo in impianto.....	15
5.5 Documentazione	16
5.6 Approvazione della Direzione Lavori.....	17
6. MODALITÀ DI ESECUZIONE	17
6.1 Produzione e movimentazione del calcestruzzo.....	17
6.1.1 Qualifica degli impianti	17
6.1.2 Qualifica delle autobetoniere.....	19
6.1.3 Tenuta in efficienza dei mezzi di produzione	19
6.1.4 Produzione, accettazione e conservazione delle materie prime	20
6.1.5 Mescolazione	21
6.1.6 Temperatura del calcestruzzo fresco	21
6.1.7 Trasporto	21
6.1.8 Scarico	22
6.2 Casseforme e centinature	22

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B.2
 Sezione n. 6: Opere di conglomerato cementizio

6.2.1	Pulizia, trattamento	22
6.2.2	Disarmanti	22
6.2.3	Giunti e riprese di getto	22
6.2.4	Predisposizione di fori, tracce e cavità	23
6.3	Armature metalliche	23
6.3.1	Aspetti generali	23
6.3.2	Giunzioni	23
6.3.3	Posa in opera	23
6.3.4	Protezione delle correnti vaganti	23
6.4	Esecuzione dei getti	24
6.4.1	Getto in opera	24
6.4.2	Riprese di getto	25
6.4.3	Getti in clima freddo	26
6.4.4	Getti in clima caldo	26
6.4.5	Stagionatura e maturazione	26
6.4.6	Maturazione accelerata	26
6.5	Disarmo	27
6.5.1	Caratteristiche estetiche	27
6.5.2	Ripristini e stuccature	28
6.6	Magroni e malte	28
6.6.1	Magroni	28
6.6.2	Malta di livellamento	28
6.6.3	Malte speciali per inghisaggi	28
7.	CONTROLLI DI QUALITA'	29
7.1	Generalità	29
7.2	Qualifica del laboratorio prove	29
7.3	Qualifica delle materie prime	29
7.4	Qualifica delle miscele	30
7.5	Controlli in corso d'opera	31
7.5.1	Controlli di accettazione sui materiali	32
7.5.2	Controlli aggiuntivi	36
7.6	Prove di carico	36
8.	ELEMENTI PRECOMPRESSE	37
8.1	Posizionamento delle armature di precompressione	37
8.2	Tesatura dei cavi di precompressione	37
8.3	Dispositivi di ancoraggio	37
8.4	Guaine ed iniezioni di malta	38
8.4.1	Caratteristiche della miscela fluida e relativi controlli	38
8.4.2	Modalità di preparazione e iniezione	38
	SEZIONE 6B – OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO PREFABBRICATE	40
9.	DEFINIZIONI	40
9.1	Normativa di riferimento	40
9.2	Classificazione dei conglomerati cementizi	40
10.	NORME DI MISURAZIONE	40
11.	ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI	40
11.1	Qualifica dell'impianto di prefabbricazione	40
12.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	41
13.	CARATTERISTICHE DELLE MISCELE	41
14.	MODALITÀ DI ESECUZIONE	41
14.1	Casseforme	41

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B.2
 Sezione n. 6: Opere di conglomerato cementizio

14.2	Posizionamento delle armature	41
14.3	Inseriti 41	
14.4	Esecuzione getto	42
14.5	Stagionatura	42
14.6	Rimozione dei casseri	42
14.7	Identificazione e stoccaggio dei manufatti.....	43
14.8	Trasporto43	
14.9	Montaggio	43
14.10	Messa in tensione di cavi di precompressione.....	44
15.	CONTROLLI DI QUALITA'	44
15.1	Generalità.....	44
15.2	Qualifica del laboratorio prove.....	44
15.3	Qualifica delle materie prime.....	44
15.4	Qualifica delle miscele	44
15.5	Controlli in corso d'opera	44
15.6	Verifica presso lo stabilimento o impianto di produzione	44
15.7	Controlli dimensionali di manufatti.....	45
15.8	Controlli aggiuntivi sugli elementi prefabbricati.....	45
15.9	Prove di carico	45
	SEZIONE 6C – OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO PROIETTATO.....	46
16.	DEFINIZIONI.....	46
16.1	Normativa di riferimento	46
17.	NORME DI MISURAZIONE	46
18.	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	46
18.1	Campo prova	46
18.2	Programmazione dei getti	46
19.	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	47
20.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	47
20.1	Cemento 47	
20.2	Aggregati47	
20.3	Acqua 47	
20.4	Additivi 47	
20.4.1	Superfluidificanti	47
20.4.2	Accelerante di presa.....	48
20.4.3	Autostagionante.....	49
20.4.4	Additivo per la proiezione	49
20.4.5	Coesivizzante.....	49
20.4.6	Altri eventuali additivi	49
20.5	Aggiunte 49	
20.6	Armature metalliche	49
20.7	Fibre sintetiche	49
20.8	Caratteristiche della miscela base	49
20.8.1	Composizione della miscela.....	49
21.	MODALITÀ DI ESECUZIONE	50
21.1	Confezione della miscela nel processo per via secca.	50
21.2	Confezione della miscela nel processo per via umida	51
21.3	Trasporto51	
21.4	Attrezzature per la posa in opera.....	51
21.4.1	Processo per via secca	51
21.4.2	Processo per via umida.....	52
21.5	Modi per la proiezione	52

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B.2

Sezione n. 6: Opere di conglomerato cementizio

21.5.1	Preparazione della superficie d'applicazione	52
21.5.2	Posizionamento dell'armatura e inserti.....	52
21.5.3	Proiezione.....	52
21.6	Finitura della superficie.....	53
21.7	Stagionatura e protezione.....	53
22.	CONTROLLI DI QUALITA'	53
22.1	Controlli di conformità	53
22.2	Prove sulla miscela base	54
22.2.1	Umidità degli aggregati	54
22.2.2	Consistenza della miscela umida	54
22.2.3	Contenuto d'aria	54
22.2.4	Massa volumica.....	54
22.2.5	Dosaggio dei costituenti	54
22.3	Prove e controlli durante la proiezione	54
22.3.1	Preparazione dei pannelli di prova.....	54
22.3.2	Dosaggio degli additivi per la proiezione	55
22.3.3	Verifica dello sfrido.....	55
22.3.4	Spessore	55
22.4	Prove sul calcestruzzo proiettato giovane.....	55
22.4.1	Determinazione della curva di resistenza	56
22.4.2	Prova di penetrazione con penetrometro Proctor modificato.....	56
22.4.3	Prova di sparo/estrazione di chiodi	56
22.5	Prove sul calcestruzzo proiettato indurito	57
22.5.1	Resistenza a compressione e massa volumica	57
22.5.2	Determinazione dell'assorbimento di energia di deformazione	57
22.6	Determinazione della resistenza alla penetrazione dell'acqua sotto pressione	57
22.7	Resistenza ai cicli di gelo/disgelo	57
22.8	Determinazione del contenuto di fibre	57
22.8.1	Calcestruzzo fresco	57
22.8.2	Calcestruzzo indurito	58
22.8.3	Espressione dei risultati	58

SEZIONE 6A – OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA

1. DEFINIZIONI

La presente sezione definisce prescrizioni, oneri, specifiche tecniche e quant'altro relativamente alle opere in conglomerato cementizio gettato in opera.

Nella esecuzione dei lavori, l'Appaltatore dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisorie, i ponteggi in quantità e tipologia adeguate alla esecuzione dei lavori, così come i materiali per conglomerati cementizi, armati e non, comunque necessari per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

Sarà cura dell'Appaltatore, provvedere alla fornitura e al trasporto dei materiali da approvvigionare in cava, in aggiunta a quelli provenienti dagli scavi.

1.1 Normativa di riferimento

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche e dei Decreti Governativi emanati in applicazione all'art.21 della L.05/11/1971 n°1086, riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al DPR 6 giugno 2001, n. 380, e dell'art. 5 del DL 28 maggio 2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27 luglio 2004, n. 186 (d'ora in poi DM 17 gennaio 2018) e si intendono anche integrative delle norme di legge vigenti in merito a leganti, inerti, acqua di impasto ed additivi, sistemi costruttivi, delle relative norme UNI e quant'altro comunque attinente la costruzione oggetto del presente capitolato.

Si dovranno inoltre rispettare:

- le Linee Guida emesse dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (in particolare le Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale e le Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato). Si dovrà anche fare riferimento alle Linee Guida sulla Messa in Opera del Calcestruzzo Strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante Prove Non Distruttive);
-
- le norme UNI relative sia alle metodologie di esecuzione delle prove, sia alle prescrizioni dei materiali di cui al presente capitolato
- UNI-EN 206: "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- UNI 11104 (1): "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità - istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206"
- UNI-EN 197-1: "Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni".
- UNI-EN 12620: "Aggregati per calcestruzzo"
- UNI 8520-2: "Aggregati per confezione di calcestruzzi: requisiti".

1.2 Classificazione dei conglomerati cementizi

Nella Tabella 1.1 vengono definiti i tipi di calcestruzzo ed i loro campi di impiego. Tali prescrizioni andranno integrate con il prospetto 4 – "Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo" – della UNI 11104, in particolar modo per quanto riguarda il rispetto della classe di resistenza minima adottata al fine di assicurare la durabilità della struttura in relazione alla specifica classe di esposizione.

Il contenuto minimo di cemento prescritto nella Tabella 1 vale per calcestruzzi non esposti ad attacco da parte di agenti esterni. In caso di calcestruzzi destinati a strutture esposte ad attacco di agenti, valgono i limiti fissati dalla UNI 11104.

Peraltro, le prescrizioni di cui alla Tabella 1.2 relative alla classe del calcestruzzo R_{ck} (resistenza caratteristica cubica a 28 giorni di stagionatura espressa in MPa) sono quelle minime; per la loro esatta individuazione si rinvia a quanto indicato nelle prescrizioni tecniche relative alla progettazione di ogni singola opera.

¹ Nelle parti in cui vi è disallineamento tra le citate Linee Guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, la UNI EN 206, si dovrà fare riferimento alla condizione di maggiore severità salvo che per esplicita deroga scritta della Direzione dei Lavori.
Nelle parti in cui vi è disallineamento tra la UNI EN 206 e la UNI 11104, si dovrà fare riferimento a quest'ultima

Il contenuto di cemento non dovrebbe eccedere i 450 kg/m³. In casi particolari, per far fronte a specifiche esigenze, modifiche al dosaggio massimo potranno essere richieste dalla Direzione Lavori. Tali richieste dovranno essere opportunamente motivate ed accompagnate, in sede di prequalifica del conglomerato cementizio, da prove di laboratorio in cui dovranno essere verificati gli effetti connessi agli alti dosaggi di cemento (calore di idratazione, ritiro, creep, etc.).

La lavorabilità (valutata come classe di consistenza attraverso il valore di abbassamento al Cono di Abrams) ed il tipo di cemento, vengono prescritti per i calcestruzzi gettati in opera. Per i calcestruzzi impiegati nella prefabbricazione, ferme restando le altre caratteristiche e le prescrizioni minime riportate nel prospetto 4 della UNI 11104:2016, potranno essere utilizzate diverse metodiche di valutazione della lavorabilità purchè giustificate e supportate da eventuali prove, comunque preventivamente approvate dalla Direzione Lavori in sede di qualifica dell'impianto di prefabbricazione e del relativo mix-design.

Per conglomerati cementizi con abbassamento al cono di Abrams inferiore a 5 cm, impasti asciutti e quindi con bassa consistenza (classe di consistenza S1), potrà essere prescritta l'esecuzione della prova Vébé per controllare l'attitudine degli impasti ad essere vibrati.

Tabella 1.3: Tipi di conglomerato cementizio

Tipo	Rapporto a/c max	Classe di lavorabilità	Tipo di cemento	Classe di resistenza Minima Rck (Mpa)	Campi di Impiego	
A	1	0.40	S5	CEM I÷V	45	<ul style="list-style-type: none"> Impalcati ed elementi in c.a.p. prefabbricati
	2	0.40	S4-S5	CEM I÷V	45	<ul style="list-style-type: none"> Impalcati in c.a.p. gettati in opera
B	1	0.40	S3-S5	CEM I÷V	45	<ul style="list-style-type: none"> Elementi prefabbricati in c.a. per strutture fuori terra
	2	0.40	S3-S5	CEM III÷V	45	<ul style="list-style-type: none"> Conci prefabbricati in c.a. per rivestimento di gallerie
	3	0.50	S4	CEM I÷V	37	<ul style="list-style-type: none"> Canalette portacavi prefabbricate Cunette prefabbricate Elementi prefabbricati senza funzioni strutturali
C	1	0.50	S4-S5	CEM I÷V	37	<ul style="list-style-type: none"> Impalcati in c.a.p. ordinari Solette in c.a. gettate in opera in elevazione Predalle
	2	0.50	S3, S4	CEM I÷V	37	<ul style="list-style-type: none"> Pile e spalle Baggioli e pulvini Strutture in c.a. in elevazione
D	0.40	S1÷S3	CEM III÷V	37	<ul style="list-style-type: none"> Lastre in cls per pavimentazioni rigide 	
E	0.50	S3, S4	CEM III÷V	37	<ul style="list-style-type: none"> Scatolari e tombini a sez. non circolare con luce con luce ≤ 5 m Tombini circolari 	
F	1	0.50	S3, S4	CEM III, IV, V	30	<ul style="list-style-type: none"> Arco rovescio di gallerie (getti orizzontali)
	2	0.50	S2	CEM III÷V	30	<ul style="list-style-type: none"> Arco rovescio di gallerie (getti tradizionali a superficie inclinata)
	3	0.50	S3, S4	CEM III÷V	30	<ul style="list-style-type: none"> Piedritti e calotta di gallerie
	1	0.50	S3, S4	CEM III÷V	37	<ul style="list-style-type: none"> Muri di controripa e sottoscarpa in c.a. (armatura ≥ 30 Kg/mc)

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B.2
 Sezione n. 6: Opere di conglomerato cementizio
SEZIONE 6A – OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA

Pag. 3 di 48

Tipo	Rapporto a/c max	Classe di lavorabilità	Tipo di cemento	Classe di resistenza Minima Rck (Mpa)	Campi di Impiego	
G	2	0.50	S3, S4	CEM III÷V	30	<ul style="list-style-type: none"> • Muri controripa/sottoscarpa debolmente armati (armatura < 30 kg/mc) o non armati • Solettoni di fondo • Fondazioni armate • Rivestimenti di tubazioni
	3	0.55	S3÷S4	CEM III÷V	25	<ul style="list-style-type: none"> • Fondazioni non armate (pozzi, sottoplinti, prismi per difese spondali, ecc....)
	4	0.55	S3÷S4	CEM III÷V	25	<ul style="list-style-type: none"> • Cunette gettate in opera, cordoli, ecc....
H	1	0.50	S4÷S5	CEM III÷V	30	<ul style="list-style-type: none"> • Pali (di paratie o opere di sostegno), diaframmi e relativi cordoli di collegamento gettati in opera
	2	0.5	S4÷S5	CEM III÷V	30	<ul style="list-style-type: none"> • Pali di fondazione gettati in opera
	3	0.40	S3÷S4	CEM III÷V	37	<ul style="list-style-type: none"> • Pali di fondazione prefabbricati
I	--	--	CEM I ÷V	15	<ul style="list-style-type: none"> • Magrone di pulizia, riempimento o livellamento 	

Nel caso di opere contro terra, si dovranno utilizzare cementi ad alta o molto alta resistenza al dilavamento, secondo quanto previsto dalla Norma UNI 9606 e dal progetto di norme E 07001170 del settembre 1995. Nel caso di opere soggette ad attacco chimico, o esposte all'aggressione dei solfati anche moderatamente, dovranno essere impiegati idonei cementi secondo quanto previsto dalla norma UNI 9156 adeguata alle UNI EN 197-1 e successivo progetto di norma E 07001180 del settembre 1995.

Nel caso di opere soggette a cicli di gelo disgelo, i conglomerati cementizi dovranno essere confezionati in accordo alla UNI 11417-1, alle Linee Guida del Ministero dei LL.PP. sul calcestruzzo strutturale, ed a quanto specificamente indicato nella presente Sezione di CSA – Parte B.

2. NORME DI MISURAZIONE

La misurazione delle voci di prezzo corrispondenti alle opere di conglomerato cementizio è eseguita a metro cubo, a metro quadrato, a metro lineare, a chilogrammo ed a unità.

I prezzi per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio compensano tutte le attività principali ed accessorie quali:

- la predisposizione dei luoghi di lavoro;
- il getto in opera del conglomerato cementizio eseguito direttamente da autobetoniera o con pompa nel caso di conglomerato preconfezionato;
- la compattazione effettuata mediante vibratore ad immersione;
- la posa in opera di cordoli in conglomerato cementizio;
- la posa in opera di ogni inserto previsto;
- la pulizia di superfici in conglomerato;
- l'esecuzione di cuciture in murature mediante l'inserimento di barre metalliche;
- la sabbiatura a fondo di muri e pareti;
- la fornitura e la posa in opera di pozzetti;
- la fornitura e la posa in opera di chiusini su pozzetti stradali;
- la costruzione di camerette per la raccolta delle acque stradali;
- la formazione di plinti in conglomerato per ancoraggio dei pali di illuminazione;
- l'esecuzione, posa e rimozione delle cassature per il contenimento dei getti di conglomerato cementizio per opere quali, a titolo indicativo ma non esaustivo, fondazioni, pilastri, muri, volte, solai, cordoli, sottofondi, gallerie, pozzi e sottomurazioni;

- quant'altro previsto nella presente specifica come lavorazione annessa alla realizzazione delle opere in conglomerato cementizio.

La misurazione delle opere di cassetatura, ai fini di applicazione delle corrispondenti voci di prezzo, è eseguita a metro quadrato.

Nei prezzi di realizzazione delle opere di cassetatura si intendono compensati tutti gli oneri principali ed accessori quali:

- la predisposizione dei luoghi di lavoro
- l'esecuzione della cassetatura per strutture in cemento armato
- l'esecuzione della cassetatura per strutture in cemento semplice
- l'esecuzione della cassetatura per il contenimento di getti per opere quali muri, pile, solai, cordoli, etc.
- quant'altro previsto nella presente specifica come lavorazione annessa alla realizzazione delle cassette.

La misurazione delle opere di acciaio di armatura, ai fini di applicazione delle corrispondenti voci di prezzo, è eseguita a chilogrammo di acciaio confezionato.

Nei prezzi di realizzazione delle opere di acciaio di armatura si intendono compensati tutti gli oneri principali ed accessori quali:

- La predisposizione dei luoghi di lavoro
- L'esecuzione dell'armatura
- La posa in opera delle armature confezionate in precedenza
- Quant'altro previsto nella presente specifica come lavorazione annessa alla realizzazione delle opere di acciaio d'armatura.

I magisteri inerenti la protezione delle armature dalle correnti vaganti, insieme ai materiali di consumo, sono compensati a parte dal sovrapprezzo all'acciaio di armatura. Le armature posizionate al di sotto dei magroni di pulizia con funzione di messa a terra, rappresentate nei disegni relativi all'impianto di messa a terra, sono anch'esse compensate a parte dal sovrapprezzo all'acciaio di armatura.

3. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI

- Le prove previste ai sensi della L.05/11/1971 n°1086 e DM 17 gennaio 2018, e relativi decreti di attuazione dovranno essere effettuate solo presso Laboratori Ufficiali specificamente autorizzati per l'esecuzione delle relative prove.
- Le prove per le quali l'Appaltatore non fosse attrezzato in cantiere o non disponesse di personale ad esse specificamente formato, dovranno essere effettuate o presso un Laboratorio Ufficiale per esse specificamente autorizzato, o presso un laboratorio proposto dall'Appaltatore ed approvato dalla Direzione Lavori e che riconosca alla stessa la facoltà di assistere alle prove in questione.
- Tutti gli oneri, diretti ed indiretti, derivanti dall'applicazione delle prescrizioni esecutive attuali o che, ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori si rendessero indispensabili al fine di superare dubbi attinenti al raggiungimento delle previste prestazioni, compresi i costi necessari per il prelievo, confezionamento, trasporto di campioni di materiali da sottoporre a prova nonché i costi di esecuzione di queste ultime si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.
- Le prove di carico prescritte dalle specifiche contrattuali o dai documenti di progetto o richieste dal Direttore dei Lavori o dai Collaudatori, così come quelle previste dalle leggi vigenti, dovranno essere eseguite a cura e spese dell'Appaltatore ove non diversamente e specificamente previsto nei documenti contrattuali.
- L'Appaltatore dovrà eseguire o far eseguire tutte le prove ed i controlli previsti dalle norme in vigore, dalle presenti prescrizioni, così come quelli integrativi che venissero richiesti, al fine di verificare la rispondenza del lavoro eseguito alle specifiche ed agli standard qualitativi prefissati.
- L'Appaltatore dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le eventuali opere provvisorie ed i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime, garantendone la sicurezza.

- Per consentire l'esecuzione delle prove previste in tempi congruenti alle esigenze di avanzamento dei lavori, l'Appaltatore dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati. Nel caso laboratorio di cantiere, l'Appaltatore dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al numero ed al tipo di prove da eseguire. Avrà altresì cura di accertarsi che le stesse condizioni siano assicurate nel caso in cui si appoggi, anche parzialmente, ad un laboratorio esterno.
- Nel caso di getti da eseguire in presenza d'acqua, sarà cura dell'Appaltatore provvedere con i mezzi più adeguati all'agghiamento o alla deviazione della stessa, o in alternativa, sarà sua cura adottare gli accorgimenti necessari, previa informazione alla Direzione Lavori, per l'esecuzione dei getti.
- Per quelle opere che, per effetto di operazioni successive, si rendano inaccessibili o comunque non ispezionabili, l'Appaltatore dovrà sempre dare la prescritta informazione alla Direzione Lavori prima di procedere con le fasi successive; nel caso in cui l'Appaltatore non ottemperasse a quanto sopra, la Direzione Lavori potrà richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibili le opere non ispezionate. Le prestazioni necessarie per quanto sopra dovranno essere eseguite a cura e spese dell'Appaltatore.

Ulteriori e più specifiche prescrizioni attinenti controlli e prove sono contenute nel capitolo 7.

3.1 Attività di qualifica

Preliminarmente all'avvio dei lavori di costruzione, l'Appaltatore deve provvedere ad inoltrare alla Direzione Lavori una relazione che, d'intesa con la Direzione Lavori può essere suddivisa in tre rapporti successivi, contenente tutte le attività di qualifica che nel seguito sono meglio descritte e che, sommariamente, attengono i seguenti aspetti:

Nel primo rapporto:

- analisi e caratteristiche delle materie prime;
- studio preliminare delle miscele di calcestruzzo (per ciascuna di quelle il cui impiego è previsto dal progetto).

Nel secondo rapporto, successivo alla approvazione del primo:

- risultanze delle prove condotte in laboratorio sulle miscele di cui al primo rapporto;
- descrizione e caratteristiche degli impianti di produzione del calcestruzzo (soggetti a sopralluogo da parte della Direzione Lavori);
- mezzi (autobetoniere) utilizzate per la consegna del calcestruzzo.

Nel terzo rapporto:

- risultanze delle prove condotte in impianto sulle miscele di cui al primo rapporto;
- registro delle pesate relative agli impasti di cui al punto precedente effettuate e registrate in automatico.

L'approvazione ed accettazione, da parte della Direzione Lavori, delle risultanze contenute nel documento di qualifica, è essenziale all'avvio dei lavori di costruzione.

L'approvazione delle operazioni di qualifica da parte della Direzione Lavori non ne implica alcuna responsabilità diretta e/o indiretta. L'Appaltatore rimane comunque l'unico responsabile sia del rispetto delle prescrizioni del progetto e dei documenti che ad esso si riferiscono, che nei confronti dei terzi, nessuno escluso, in ordine alla esecuzione dei lavori e delle attività a questi connesse.

3.2 Controlli

Se i risultati delle prove e dei controlli eseguiti sui calcestruzzi o sui loro costituenti non risulteranno corrispondenti a quanto previsto nei calcoli statici, nei disegni, nel contratto e nelle presenti prescrizioni, così da non assicurare i livelli prestazionali richiesti, verrà redatto dalla Direzione Lavori un apposito rapporto e l'Appaltatore dovrà:

- a) Se la carenza è stata verificata prima del getto, sospendere i getti ed allontanare dal cantiere i quantitativi di calcestruzzo o dei suoi costituenti risultati difettosi, proponendo le modalità correttive;
- b) Se la carenza è stata verificata dopo il getto, demolire totalmente e ricostruire l'opera, oppure proporre alla Direzione Lavori l'esecuzione di idonei lavori di adeguamento, che dovranno essere approvati dal

Progettista, dal Direttore dei Lavori dal Responsabile del Procedimento e dai Collaudatori. In tal caso verranno applicate le eventuali detrazioni o penali previste nel contratto.

L'opera o la parte di opera per la quale è stata redatto il rapporto citato non potrà essere contabilizzata finché la carenza esecutiva non sia stata definitivamente rimossa e accettata. A tale scopo sul calcestruzzo indurito il Direttore dei Lavori potrà disporre l'esecuzione di prove e controlli integrativi mediante prelievo di carote e/o altri metodi non distruttivi quali prove sclerometriche, ultrasuoni misure di resistività, ecc., a totale carico dell'Appaltatore.

3.3 Preavvisi

Durante l'esecuzione di opere che, per effetto di operazioni successive, possano rendersi inaccessibili o non ispezionabili, l'Appaltatore dovrà sempre dare informazione scritta al Direttore dei Lavori prima di procedere con le fasi successive. Nel caso in cui l'Appaltatore non ottemperi a quanto sopra, il Direttore dei Lavori potrà richiedere allo stesso di mettere a vista, a sua cura e spese, le parti occultate o di rendere comunque accessibili le opere non ispezionate preventivamente.

In ogni caso, l'Appaltatore è tenuto a fornire settimanalmente al Direttore dei Lavori il programma dei getti che intende effettuare.

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I materiali utilizzati per la costruzione oggetto del presente capitolato debbono rispondere ai requisiti di seguito esposti.

Si precisa che tutti i materiali da impiegarsi nella costruzione e per i quali sia in vigore la relativa Marcatura CE, pur se non direttamente immessi sul mercato, dovranno esserne provvisti nel rispetto del relativo sistema di attestazione. Nel caso degli aggregati per calcestruzzo e per malte, in attesa di uno specifico documento ministeriale che regoli la materia, il sistema di attestazione dovrà comunque essere il 2+ (autocertificazione con verifica e sorveglianza di un Organismo Notificato).

4.1 Leganti idraulici

Per le opere in calcestruzzo, armato e non, ad esclusione degli sbarramenti di ritenuta, potranno essere impiegati unicamente cementi dei tipi I, II, III, IV, V per classi di resistenza 32.5, 42.5, 52.5 MPa che soddisfino i requisiti di accettazione di cui alla L.26/05/1965 n°595 ed al Decreto del Ministero per l'Industria, il Commercio e l'Artigianato del 13/09/1993, G.U. del 22/09/93, nonché del D.M.09/03/1988 n°126.

Il cemento, sempre provvisto di marcatura CE, dovrà provenire da fonti di approvvigionamento in grado di garantire la continuità di fornitura e la costanza del tipo.

L'Appaltatore richiederà al produttore di cemento di garantire sia la composizione per i costituenti del Clinker, specificandone il metodo di misura adottato per la loro determinazione, sia la costanza di composizione del prodotto in relazione ai contenuti di C3A e di C4AF nonché della finezza di macinazione.

I requisiti chimici e fisici del cemento e le resistenze meccaniche dovranno essere controllati dall'Appaltatore nella fase di qualifica delle materie prime. In corso d'opera, l'Appaltatore ogni 1.000 t di ciascun tipo e classe di cemento impiegato, presso il laboratorio di cantiere o presso un laboratorio ufficiale o di gradimento della Direzione Lavori, dovrà effettuare i controlli, per ciascun requisito previsto dalla norma UNI EN 197/1, mediante prelievi da eseguirsi in contraddittorio con il Fornitore, da autocisterne piombate all'arrivo presso l'impianto di betonaggio di cantiere ed allo stabilimento di prefabbricazione. La frequenza di cui sopra potrà essere dimezzata qualora, per ciascun tipo e classe di cemento utilizzato, l'Appaltatore consegnerà alla Direzione Lavori, ogni 10.000 t utilizzate, un'attestazione del produttore del cemento che dichiari il valore medio e l'intervallo di variabilità di ciascun requisito previsto dalla Norma UNI EN 197/1 relativo alle prove del mese precedente.

Copia di tutti i certificati di prova e delle eventuali dichiarazioni del produttore del cemento dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori

4.2 Calce

Le calce aeree ed idrauliche dovranno rispondere ai requisiti di accettazione di cui alla Norma UNI EN 459-1.

4.3 Acqua

L'acqua da usarsi nella confezione di malte e calcestruzzi, con particolare riferimento al contenuto di cloruri nel caso di realizzazione di strutture precomprese a trefolo pre-teso, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008-2003.

Per l'impiego di acqua proveniente dal recupero dei residui di calcestruzzo fresco, vale quanto specificamente riportato nel paragrafo "Modalità esecutive" della presente Sezione di CSA – Parte B.

4.4 Aggregati

Tutti gli aggregati, in relazione alla loro destinazione d'uso, dovranno essere conformi alle norme UNI EN 12620, UNI EN 13139 e UNI EN 13242, e possedere la relativa Marcatura CE secondo il sistema di attestazione 2+.

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del conglomerato cementizio potranno provenire da trattamento, vagliatura e lavaggio di materiali alluvionali e/o da loro idonea frantumazione. Ove essi provengano da frantumazione di roccia compatta priva di significative intrusioni e contaminazioni di materiali terrosi, colloidali e vegetali, il loro ciclo di lavorazione potrà essere eseguito in mancanza di lavaggio.

Tutti gli aggregati impiegati nella confezione di calcestruzzi armati dovranno avere caratteristiche conformi a quelle previste per la classe A nella norma UNI 8520, parte 2 (e successivi aggiornamenti). Aggregati di classe B, dietro preventiva autorizzazione della Direzione Lavori potranno essere utilizzati per opere non armate e/o accessorie.

Si dovranno, altresì, adottare particolari cautele nell'utilizzare aggregati che, sulla base delle analisi eseguite, risultino esposti a rischio di reagire chimicamente con gli alcali contenuti nel cemento. Alla Direzione Lavori, preliminarmente alla esecuzione delle prove di laboratorio per la qualifica delle miscele di calcestruzzo, dovrà essere data anticipata comunicazione circa i provvedimenti che l'Appaltatore intende applicare al fine di escludere tali fenomeni. La Direzione dei Lavori avrà comunque la possibilità di rifiutare soluzioni che ritenga inadeguate.

Tutte le caratteristiche degli aggregati, di cui alla citata norma UNI 8520 parte 2, dovranno essere verificate con le frequenze indicate nella "Specifiche di Controllo Qualità".

Le caratteristiche degli aggregati, previste nelle citate Norme UNI EN 12620 ed UNI 8520 parte 2, se forniti di Marcatura CE secondo il livello di attestazione 4, dovranno essere verificate dall'Appaltatore nel proprio laboratorio, o presso un laboratorio approvato dalla Direzione Lavori, con le cadenze previste dalla relativa norma UNI EN di riferimento.

Qualora l'aggregato disponesse di Marcatura CE con sistema di attestazione 2+, ovvero con verifiche effettuate da un Organismo Accreditato, l'Appaltatore otterrà dal produttore gli esiti delle prove che egli avrà compiuto, con le dovute frequenze e per l'intera durata dei lavori, dandone copia alla Direzione Lavori.

In ogni caso ed indipendentemente dal sistema di attestazione, sugli aggregati destinati alla confezione di calcestruzzi, opere edili stradali e malte, l'Appaltatore è tenuto ad eseguire le seguenti prove:

- alla qualifica, ad ogni cambio di cava o significativo cambio di fronte di scavo, in caso di dubbio ed a richiesta della Direzione Lavori:
 - potenziale reattività agli alcali (UNI 8520-22);
 - contenuto di cloruri (EN 1744-1 punto 7);
 - contenuto di solfati (EN 1744-1 punto 12);
 - analisi granulometrica (UNI EN 933-1) di tutte le classi impiegate;
 - verifica del modulo di finezza delle sabbie (UNI 8520-2 appendice A, A-1);
 - passante allo staccio 0,063 mm (UNI EN 933-1) di tutte le classi impiegate;
 - valore dell'equivalente in sabbia e del valore di blu (nei casi previsti dalla UNI 8520-2 – prospetto 1)
- In corso di fornitura e per ogni 2.000 m³ di calcestruzzo posti in opera:
 - analisi granulometrica (UNI EN 933-1) di tutte le classi impiegate;
 - verifica del modulo di finezza delle sabbie (UNI 8520-2 appendice A, A-1);
 - passante allo staccio 0,063 mm (UNI EN 933-1) di tutte le classi impiegate;
 - valore dell'equivalente in sabbia e del valore di blu (nei casi previsti dalla UNI 8520-2 – prospetto 1).

4.5 Additivi

Il loro impiego, come per ogni altro componente, dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nel *Mix Design* della miscela di conglomerato cementizio, preventivamente progettata.

Tutti gli additivi impiegati dovranno essere conformi alle norme EN 934-2 ed alla serie collegata EN 480, parti 1÷12, relative ai metodi di prova. Per tutti gli additivi è richiesta una specifica documentazione indicante le caratteristiche chimico-fisiche nonché la "spettrografia dell'analisi a raggi infrarossi" che attesti la totale corrispondenza del prodotto alle specifiche dichiarate in fase di adozione dell'additivo medesimo del *Mix Design*.

Gli additivi potranno essere impiegati solo dopo valutazione degli effetti per il particolare conglomerato cementizio da realizzare e nelle condizioni effettive di impiego.

Sarà cura dell'Appaltatore inviare preventivamente alla Direzione Lavori la documentazione tecnica, basata su un'ampia sperimentazione pratica, su tipo, dosaggi ottimali ed eventuali effetti collaterali dell'additivo sul calcestruzzo.

Particolare cura dovrà essere posta al controllo del mantenimento nel tempo della lavorabilità del conglomerato fresco in relazione alle temperature medie stagionali ed ai tempi massimi di messa in opera del calcestruzzo.

4.5.1 Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Nel caso di impiego di additivi fluidificanti e superfluidificanti, in particolari condizioni di posa in opera (climi estremamente caldi, lunghe percorrenze dall'impianto di betonaggio alla bocca di getto, prevedibili lunghe attese prima del getto, ecc.) potrà essere autorizzata o l'immissione dell'additivo al punto di scarico dell'autobetoniera, o una ulteriore additivazione. In ogni caso è indispensabile:

assicurare l'aggiunta di una quantità nota di additivo residuo che, pertanto, sarà predosato all'impianto,

- che il dosaggio complessivo di additivo non risulti superiore a 1,5 volte la quantità stabilita nel *Mix Design* e/o indicata dal suo produttore.
- che gli additivi superfluidificanti di prima e di seconda additivazione siano di identica marca e tipo. Nel caso in cui il *Mix Design* preveda l'uso di additivo fluidificante come prima additivazione, associato ad additivo superfluidificante a piè d'opera, questi dovranno essere di tipo compatibile e preventivamente sperimentati in fase di progettazione del *Mix Design* e di prequalifica della miscela; quindi, siano stati sottoposti alla preventiva autorizzazione della Direzione Lavori.

Dopo la immissione di additivo sul luogo di utilizzo, sarà comunque necessario assicurare la miscelazione del calcestruzzo per almeno 4 minuti prima del suo scarico. La Direzione dei Lavori potrà richiedere una miscelazione più prolungata in funzione dell'efficienza delle attrezzature e delle condizioni di miscelazione.

4.5.2 Additivi aeranti

In caso di conglomerati cementizi per la realizzazione di opere sottoposte a cicli di gelo e disgelo dovranno essere utilizzati specifici additivi aeranti al fine di garantire il rispetto delle prescrizioni delle *Linee Guida* del Ministero dei LL.PP. sul calcestruzzo strutturale (Settembre 2017).

4.5.3 Additivi ritardanti

Additivi ritardanti potranno essere utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte della Direzione Lavori, per:

- particolari opere che necessitano di getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro monoliticità;
- getti in particolari condizioni climatiche (temperature particolarmente elevate);
- opere ubicate in zone lontane e poco accessibili dalle centrali/impianti di betonaggio.

4.6 Aggiunte

L'eventuale impiego di cenere volante o microsilice dovrà essere previsto e concordato con la Direzione Lavori in sede di prequalifica del materiale

Le aggiunte, per quanto previste, dovranno essere eseguite con materiali conformi alle norme in vigore (in particolare UNI EN 450 per le ceneri volanti e prEN 13263 per la micro-silice) e nei limiti fissati dalla UNI 11104:2016. Particolare cura dovrà essere prestata alla loro influenza sulla richiesta d'acqua e sulla durabilità dell'opera.

In caso di utilizzo di ceneri volanti e/o microsilice, come aggiunte in sostituzione della frazione fine delle sabbie, dovranno essere soddisfatte tutte le caratteristiche fisico-chimico-meccaniche dei conglomerati cementizi allo stato fresco ed indurito prescritte nei successivi punti.

4.6.1 Ceneri volanti

Le ceneri volanti, che costituiscono il residuo solido della combustione di carbone, dovranno provenire da centrali termoelettriche in grado di fornire un prodotto di qualità costante nel tempo e documentabile, e non contenere impurezze (lignina, residui oleosi, pentossido di vanadio, etc.) in misura tale che possano danneggiare o ritardare la presa e l'indurimento del cemento. In caso d'uso la loro idoneità dovrà essere documentata da prove preliminari concordate con la Direzione Lavori

Particolare attenzione dovrà essere prestata alla costanza delle loro caratteristiche che devono soddisfare i requisiti delle UNI EN 450 del settembre 1995 e che sono indicati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.2: Ceneri volanti - requisiti e frequenze di prova

Caratteristica	UdM	Limiti di accettazione	Tolleranze	Frequenza prove
Perdita al fuoco (p.p.c.) (1 ora) UNI EN 196/2	%	≤ 5,0	+ 2,0	alla qualifica ogni due mesi
CI (cloruri) - UNI EN 196/21	%	≤ 0,1	+ 0,01	alla qualifica annuale
SO ₃ (anidride solforica) - UNI EN 196/2	%	≤ 3,0	+ 0,5	alla qualifica annuale
Ossido di calcio libero - UNI EN 451/1	%	≤ 1,0	+ 0,1	alla qualifica annuale
(*) Stabilità volumetrica (se l'ossido di calcio libero è compreso tra 1 e 2,5%) Prova le Chatelier UNI EN 196-3	%	≤ 5,0	+ 2,0	alla qualifica annuale
Trattenuto al vaglio da 45 micron UNI EN 451/2	%	40 ≤ 40	± 10	alla qualifica ogni due mesi
Massa Volumica Reale UNI EN 196/6	t/m ³	val. medio dichiarato	± 150	Mensile o 1000 t
Indice di attività pozzolanica a 28 gg. Indice di attività pozzolanica a 90 gg. (UNI EN 196/1 - cemento di rif. CEM I)	%	≥ 75 ≥ 85	- 5 - 5	Mensile o 1000 t

Il dosaggio delle ceneri volanti non deve superare il 25% del peso del cemento. Se si utilizzano cementi di tipo I, la quantità di ceneri potrà essere elevata fino al 33% del peso del cemento. La loro aggiunta potrà essere computata nel dosaggio del cemento e del rapporto A/C con le proporzioni (K) indicate dalla norma UNI 11104. Ove sia richiesto l'uso dei cementi resistenti ai solfati con basso tenore di C₃A (alluminato tricalcico) l'aggiunta non è consentita. La eventuale maggior richiesta d'acqua potrà essere compensata con un maggior dosaggio di additivo.

Nella progettazione del *Mix Design* e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di ceneri praticata non comporti un incremento della richiesta di additivo, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di ceneri, superiore al 10%.

4.6.2 Micro-silice (fumi di silice/silica fume)

La micro-silice è silice attiva colloidale amorfa, costituita da particelle sferiche isolate di SiO₂ con diametro compreso tra 0.01 e 0.5µm ottenuta dal processo metallurgico di produzione di silicio metallico o di leghe ferro-silicio, in un forno elettrico ad arco.

La micro-silice può essere fornita allo stato naturale, come ottenuta dai filtri di depurazione, oppure come sospensione liquida di particelle con contenuto secco di almeno il 50% in massa.

Si dovrà porre particolare attenzione al controllo in corso d'opera del mantenimento della costanza delle caratteristiche granulometriche e fisico-chimiche che dovranno essere comprese entro i valori indicati nella tabella seguente:

Tabella 4.3: Micro-silice - requisiti e frequenze di prova

Caratteristiche	Unità di misura	Limiti di accettazione		Frequenza delle prove
SiO ₂	%	≥ 85	Da 70 a 85	mensile ogni 100 t
CaO	%	≤ 1,2	≤ 20	
Superficie specifica	m ² /gr	da 20 a 35	Da 10 a 20	
Al ₂ O ₃	%	≤ 0,4		
NA ₂ O + K ₂ O	%	≤ 4,0		
Cl	%	≤ 0,2		
MgO	%	≤ 0,9		
Carbone libero (da calcinazione)	%	≤ 4,0		
Umidità (in forno a 106°C)	%	≤ 1,0		
Ph	-	6,3 - 6,8		
F ₂ O ₃	%	≤ 0,3		
Massa volumica reale	t/m ³	2,1 - 2,4		

Il dosaggio della silice fume non deve comunque superare l'11% del peso del cemento.

Se si utilizzano cementi di tipo I potrà essere computata nel dosaggio di cemento e nel rapporto A/C una quantità massima di tale aggiunta pari all'11% del peso del cemento; l'aggiunta di microsilice sarà computata con le seguenti proporzioni K:

CEM I per A/C ≤ 0.45 : K = 2 del loro peso

CEM I per A/C > 0.45 : K = 2 del loro peso²

Per calcestruzzi in cui sia richiesto un contenuto minimo di cemento di 300 Kg/m³, non potranno essere praticate sostituzioni con micro-silice che comportino riduzioni di dosaggio di oltre 30 Kg/m³.

La eventuale maggior richiesta d'acqua potrà essere compensata con un maggior dosaggio di additivo.

Nella progettazione del *Mix Design* e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di microsilice praticata non comporti un incremento della richiesta dell'additivo, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto, privo di silice fume, superiore al 10% di quanto indicato dal suo produttore.

4.7 Acciai d'armatura

Gli acciai d'armatura ordinaria e da precompressione dovranno essere in accordo alla L.05/11/1971 n°1086 e D.M.17/01/18.

Gli acciai d'armatura ordinaria dovranno essere di tipo B450C.

Gli inserti metallici saranno del tipo S355 secondo il succitato D.M. 17/01/18 e la EN1090-1.

Gli acciai d'armatura ordinaria devono essere qualificati secondo le procedure riportate nel Decreto Ministeriale vigente ed emesso a seguito della Legge 1086/71.

Tutti gli acciai devono essere ad adherenze migliorata, e tutte le forniture devono essere accompagnate da un certificato rilasciato da un laboratorio autorizzato alle verifiche periodiche. Copia di questi certificati deve essere consegnata alla Direzione Lavori.

I dispositivi di raccordo e di ancoraggio devono essere conformi alle norme.

² Per calcestruzzi soggetti alla carbonatazione ed ai cicli di gelo e disgelo: K=1.

4.8 Casseforme

Per poter rispettare le quote e le tolleranze geometriche progettuali le casseforme devono essere praticamente indeformabili quando, nel corso della messa in opera del calcestruzzo, sono assoggettate alla pressione del calcestruzzo ed alla vibrazione.

E' generalmente prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompresi o compensati adeguatamente impregnati ed impermeabilizzati; in ogni caso dovranno avere dimensioni o spessori sufficienti ad essere opportunamente irrigidite e controventate ed essere perfettamente accostate per assicurare la migliore riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro rispondenza dimensionale ai disegni di progetto, anche in funzione dei ritmi di getto.

In tutte le casseforme ottenute mediante l'accostamento di pannelli devono essere predisposti giunti a tenuta affinché la fase liquida del calcestruzzo, o boiaccia, non fuoriesca provocando difetti estetici sulla superficie del getto, eterogeneità nella tessitura e nella colorazione, nidi di ghiaia. La tenuta delle casseforme deve essere curata in modo particolare nelle strutture con superfici di calcestruzzo a vista e, dove necessario, verrà migliorata utilizzando giunti preformati adattati anche al riutilizzo o con mastice e/o con guarnizioni monouso.

Le casseforme assorbenti, costituite da tavole o pannelli di legno non trattato o altro materiale assorbente, calcestruzzo compreso, prima della messa in opera del calcestruzzo saranno opportunamente saturate con acqua. Si deve aver cura di eliminare ogni significativa traccia di ruggine nelle casseforme metalliche. Nel caso di utilizzo di casseforme in tavole di legno, inoltre, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi perdite di boiaccia e, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto.

Nel caso di cassetta a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

5. CARATTERISTICHE DELLE MISCELE

5.1 Requisiti generali

Le miscele di calcestruzzo dovranno raggiungere le caratteristiche minime di resistenza e durabilità prescritte dalla progettazione e soddisfare i requisiti indicati nella Tabella 5.1.

Il dosaggio e il tipo di cemento, nel rispetto dei valori minimi di cui alla Tabella 5.2, devono essere scelti in relazione alle caratteristiche costruttive dell'opera ed a quelle ambientali, con particolare riferimento a: resistenze meccaniche, tempi di disarmo, probabile differenza termica tra nucleo del getto e temperatura ambientale.

La quantità minima di cemento da impiegare nella preparazione dell'impasto corrisponderà al maggiore valore tra quelli indicati, per i vari tipi di conglomerato, nella Tabella 5.3 e quelli riportati dalla UNI 11104, Prospetto 4, in relazione alla classe di esposizione nella quale ogni struttura viene realizzata. Tali limiti devono intendersi inderogabili indipendentemente dal tipo di cemento usato.

In condizioni di attacco chimico del conglomerato la quantità minima di cemento sarà quella prevista dalle norme UNI 11417-1:2022 e susseguenti e, se non specificata dal progettista, verrà espressamente indicata dall'appaltatore (cui compete il *Mix Design*) ed approvata dalla Direzione Lavori

5.2 Progettazione delle miscele

5.2.1 Composizione granulometrica

Le miscele di calcestruzzo dovranno essere ottenute mediante l'impiego di almeno tre distinte classi granulometriche. Una classe granulometrica che dovesse essere contenuta in misura inferiore al 10% del totale degli aggregati non è da considerarsi classe granulometrica distinta ma correttivo della classe adiacente per dimensione.

Gli aggregati appartenenti a diverse classi granulometriche e mescolati tra loro in adeguate percentuali, dovranno formare miscele granulometriche costanti tali che l'impasto fresco ed indurito abbia i requisiti, nel seguito indicati, di consistenza, omogeneità, aria inglobata, resistenza, permeabilità e ritiro. Si dovrà adottare una curva granulometrica che, tenuto conto di:

- dosaggio di cemento;

- caratteristiche dimensionali della(e) struttura(e) da gettare con particolare riferimento a copriferro ed interferro;
- esigenza (eventuale) di ottenere strutture impermeabili;
- necessità (eventuale) di pompaggio;
- mezzi di vibrazione e compattazione;
- esigenza (eventuale) di ottenere superfici a vista;

dia la massima compattezza al conglomerato cementizio, compatibilmente con gli altri requisiti nel seguito indicati. consenta al calcestruzzo di raggiungere la maggiore massa volumica (densità) ovvero la maggiore eliminazione di vuoti. A condizione che gli aggregati non abbiano una composizione granulometrica comprovata costante e che non si ottenga comunque una composizione molto prossima alla curva di riferimento prescelta, in una singola frazione granulometrica non dovranno essere presenti, di norma, più del 20% in peso di frazioni granulometriche presenti nella frazione inferiore

Una volta scelta la curva granulometrica di riferimento, la miscela delle classi granulometriche impiegate dovrà fornire una curva risultante tale per cui le differenze tra le percentuali ottenute ai vari setacci e le percentuali della curva di riferimento diano una somma algebrica la più prossima possibile a zero. In ogni caso tale valore non potrà essere: $> 2 ns$, dove ns corrisponde al numero dei setacci utilizzati corrispondenti alla serie base+1 o alla serie base+2 secondo UNI EN 12620.

E' facoltà della Direzione Lavori approvare eventualmente l'adozione di granulometria discontinua con preventiva verifica che l'impasto risponda ai seguenti requisiti: assenza di segregazione alla classe di consistenza superiore a quella prevista per la messa in opera e contenuto d'aria (in assenza di aeranti) non superiore al 2%, ferme restando le altre prescrizioni sulle caratteristiche del calcestruzzo.

Il diametro massimo dell'aggregato dovrà essere scelto secondo quanto prescritto dalla UNI EN 206.

Per quanto concerne gli aggregati fini, per la preparazione di una miscela potrà essere usata una sabbia o due sabbie. Le caratteristiche petrografiche, granulometriche, chimiche, fisiche e meccaniche delle sabbie dovranno rispondere ai limiti di accettazione stabiliti dalla norma UNI 8520/2 per aggregati fini di Categoria "A", fatte salve le specifiche più restrittive riportate nella presente Sezione di CSA – Parte B, concernenti la massa volumica e l'assorbimento superficiale. Nel caso di uso contemporaneo di due sabbie i limiti di accettabilità dettati dalla norma UNI 8520-2 per quanto concerne il contenuto di passante allo 0,063 mm, il modulo di finezza (Mf) e l'equivalente in sabbia (Es), saranno misurati rispetto alla miscela delle due sabbie. Per quanto concerne invece le singole sabbie componenti le miscele, queste dovranno rispettare in ogni caso i limiti fissati dalla UNI 8520-2.

Non sarà ammesso in alcun modo l'impiego di sabbie aventi già in fase di progettazione (o come valore standard) un modulo di finezza (secondo UNI 8520/5), superiore a 3,4; in fase di produzione, il valore di Mf (modulo di finezza) -da verificare per singoli campioni post-prelevati all'impianto non dovrà superare il valore di 3,6. In tale eventualità L'Appaltatore è tenuto a rimuovere dal cantiere (tramogge comprese) tutta la sabbia in questione e, nel caso in cui la cosa si ripettesse, a cambiare fonte di approvvigionamento procedendo ad una nuova qualifica delle miscele.

5.2.2 Rapporto Acqua/Cemento

La quantità d'acqua da usare per il confezionamento dell'impasto dovrà essere calcolata tenendo conto dell'acqua contenuta negli aggregati con riferimento alla norma UNI 8520 parte 13, per la condizione "Satura a superficie asciutta", per la quale l'aggregato non assorbe né cede acqua all'impasto.

5.2.3 Lavorabilità

Il parametro indicatore della lavorabilità del calcestruzzo fresco è la misura dell'abbassamento al Cono di Abrams (slump test) espresso in cm secondo UNI EN 12350-2; tale prova dovrà essere eseguita il più frequentemente possibile e comunque almeno:

- ogni 50m³ di getto;
- in concomitanza a ciascun prelievo di campioni secondo quanto specificato dalle *Norme Tecniche* emanate in applicazione dell'art.21 della L.05/11/1971 n°1086 e D.M. 17/01/2018.

La prova è considerata significativa per abbassamenti compresi fra 1 e 21 cm. Il calcestruzzo dovrà inoltre presentarsi non segregato e la quantità di acqua essudata, misurata secondo la Norma UNI 7122, non dovrà essere superiore allo 0,1% (0,15% solo per getti massicci).

Per il calcestruzzo in classe di consistenza S1 è ammesso il controllo dell'indice di compattabilità (EN 12350-4). In alternativa allo Slump test è ammesso anche il controllo dello spandimento alla tavola a scosse secondo la Norma EN 12350-5: in tal caso dovranno essere preliminarmente definiti i campi di consistenza in accordo alla UNI EN 206.

Tabella 5.4: Classi di consistenza del calcestruzzo

Classe di consistenza	SLUMP [mm]	Denominazione corrente
S1	10-40	UMIDA
S2	50-90	PLASTICA
S3	100-150	SEMIFLUIDA
S4	160-210	FLUIDA
S5	>220	SUPERFLUIDA

5.2.4 Contenuto d'aria

Per calcestruzzi non aerati il contenuto d'aria deve risultare inferiore al 2%.

Il contenuto d'aria per calcestruzzi normali aerati non deve superare i seguenti limiti:

4% per $D_{max} \geq 20\text{mm}$

5% per $D_{max} < 20\text{mm}$

5.2.5 Resistenza dei calcestruzzi agli agenti esterni

Si dovrà tenere conto delle raccomandazioni della norma UNI 8981-1 e susseguenti e di quanto riportato nei paragrafi seguenti.

5.2.6 Calcestruzzi resistenti ai cicli di gelo-disgelo

I calcestruzzi sottoposti in opera a cicli di gelo-disgelo dovranno essere confezionati in accordo alle UNI EN 206 e UNI 11417-1:2022 e dovranno contenere additivi aeranti.

La percentuale di aria occlusa, misurata secondo UNI 12350-7 dopo corretta vibrazione, dovrà essere conforme ai dati della Tabella 5.5.

Tabella 5.6: Percentuale di aria occlusa nel calcestruzzo fresco aerato

Diametro massimo degli aggregati [mm]	Aria occlusa %
10	7,0
15	6,0
20	5,0
25	4,0
40	4,0 – 5,0

Tali calcestruzzi, qualora prescritto o richiesto dalla Direzione Lavori, saranno sottoposti alla prova di determinazione della resistenza al degrado per cicli di gelo e disgelo secondo la Norma UNI EN 1367-1.

5.2.7 Calcestruzzi resistenti all'attacco chimico

All'Appaltatore compete l'onere dell'accertamento della presenza e concentrazione di agenti aggressivi nel terreno e nelle acque di contatto ai fini della valutazione dell'attacco chimico cui potrebbero essere sottoposti i calcestruzzi per i quali si dovranno rispettare le norme UNI 11417-1:2022 e UNI 9156.

In presenza di un grado di aggressività definito "molto forte" a giudizio della Direzione Lavori, i limiti di composizione dei cementi di cui alla norma UNI 9156 richiamati dalla norma UNI 11417-1:2022, parte 2, devono intendersi modificati nel senso che, per qualsiasi tipo di cemento, il contenuto di alluminato tricalcico (C₃A) deve essere non superiore all'1%, con l'eccezione dei tipi III B e III C per i quali il C₃A non deve essere superiore al 2% e per i tipi IV A e IV B per i quali C₃A non deve essere superiore al 3,5%.

Ove richiesta una specifica resistenza ai solfati, dovrà essere rispettato quanto previsto nelle norme UNI 9156. Il contenuto di C₃A sarà verificato mediante analisi diffrattometrica dei raggi X (QRXD).

Ove richiesta una specifica resistenza al dilavamento della calce d'idrolisi presente nei cementi, dovrà essere rispettata la UNI 11417-1:2022.

Per quanto attiene gli agenti chimici aggressivi non considerati nelle predette norme UNI 11417-1:2022, rimane l'obbligo dell'accertamento, da parte dell'Appaltatore, della presenza di tali agenti nell'ambiente, mentre i rimedi verranno concordati anche con il progettista dell'opera e con quelli del *Mix Design*, quindi presentati per approvazione, di volta in volta alla Direzione Lavori

5.3 Prequalifica del calcestruzzo (studio del mix design)

Ogni miscela di calcestruzzo, pur se progettata nel rispetto di quanto contenuto nel precedente paragrafo, deve essere oggetto di qualifica preliminare. La qualifica preliminare, o pre-qualifica, è finalizzata ad accertare che:

- le materie prime componenti siano tali da soddisfare i requisiti delle norme che ne regolano la produzione, il controllo e la immissione sul mercato;
- esse, inoltre, siano tali ed assortite in modo tale da soddisfare le prescrizioni del progetto e del capitolato;
- i calcestruzzi con essi confezionati, prima della loro messa in produzione, abbiano dimostrato di possedere, allo stato fresco, le caratteristiche reologiche che, previste dal progetto e dal capitolato, assicurano il Direttore dei Lavori di poter essere congruamente messi in opera con i mezzi che, a tal fine, l'Appaltatore intende utilizzare;
- i calcestruzzi stessi, allo stato indurito ed a seguito di corretta stagionatura, possano conferire alle strutture con essi realizzate, le necessarie resistenze e durabilità previste dal progetto.

Il processo di qualifica delle miscele va attuato per ciascun cemento, ovvero per ciascuna origine, classe, tipo e sottotipo di cemento il cui utilizzo sia previsto nell'ambito dei lavori oggetto del contratto.

Si procederà nel modo seguente:

- a. si identifichi quale cemento (cemento base) verrà impiegato in misura maggiore privilegiando, a sostanziale parità d'uso, quello destinato alla confezione dei calcestruzzi più prestazionali.
- b. Si definisca la composizione granulometrica più prossima alla curva di riferimento scelta e, applicando il metodo litrico, o dei volumi assoluti, si determinino i pesi unitari di ciascun componente la miscela per tre distinti dosaggi di cemento: 250, 350 e 450 Kg/m³.
- c. Utilizzando il cemento base, si confezionino tre impasti di prova per ciascuno dei tre dosaggi di cui al punto precedente, avendo cura di confezionare, per ogni giorno di lavoro, un solo impasto per ciascuno dei tre dosaggi. Nella confezione degli impasti di prova verranno rispettati i pesi di tutti i componenti ad esclusione dell'acqua il cui dosaggio sarà regolato al fine di ottenere l'abbassamento al cono (slump test) superiore della classe di consistenza prevista. Ogni impasto di prova avrà un volume minimo di 50 litri.
- d. Per ciascun impasto saranno eseguite le seguenti determinazioni:
 - verifica della massa volumica secondo UNI EN 12350-6. La massa volumica così determinata, comparata al peso di tutti i componenti la miscela di prova, attraverso il semplice calcolo matematico fornirà gli esatti pesi di ogni componente la miscela per 1 m³ di calcestruzzo;
 - verifica dell'esatto valore del rapporto acqua/cemento;
 - verifica della classe di consistenza mediante prova di abbassamento al cono (UNI EN 12350-2);
 - verifica del contenuto d'aria (UNI EN 12350-7);
 - verifica dell'acqua essudata (UNI 7122);
 - verifica della resistenza alla compressione mediante rottura di tre cubetti per ciascuna delle stagionature 3, 7 e 28gg. I cubetti vanno confezionati e stagionati nel rispetto della UNI EN

12390-2. Nel caso in cui le cubiere usate non siano conformi alle prescrizioni della UNI 12390-1, i cubetti, prima della loro rottura, dovranno essere sottoposti ad accurata rettifica. Le tre dimensioni di ciascun cubetto, prima della rottura, vanno rilevate e registrate per la verifica della loro reale densità.

- La media dei tre risultati di rottura di ciascun impasto, per ognuna delle tre stagionature previste, rappresenta la resistenza del prelievo. La media dei tre prelievi relativi allo stesso dosaggio di cemento rappresenta la resistenza del dosaggio.
- e. La resistenza a 28gg dei tre dosaggi, 250,350 e 450 Kg/m³, consente di determinare la curva di correlazione tra la resistenza media ed il dosaggio di cemento per il cemento base.
- f. Per i cementi diversi dal cemento base il cui impiego sia previsto nell'opera, si procederà alla confezione dei tre impasti di prova, secondo quanto già prescritto nei precedenti punti c e d, limitatamente al dosaggio 350 Kg/m³. Determinata così la resistenza del dosaggio, per lo specifico cemento usato, si assume che per essa passi una curva di correlazione, tra dosaggio di cemento e resistenza media alla compressione, di forma analoga a quella riscontrata per il cemento base nel precedente punto e.
- g. Determinate così, attraverso le prove preliminari di qualifica, le curve di correlazione tra resistenza media e dosaggio dei vari cementi previsti in uso, si passa alla individuazione dei dosaggi di cemento che sono ritenuti utili al raggiungimento delle resistenze caratteristiche previste dal progetto. A tal fine, in attesa della corretta analisi statistica dei risultati in corso d'opera, si operi assumendo che ogni resistenza caratteristica debba essere raggiunta ottenendo una resistenza media pari alla caratteristica aumentata di 10 MPa nel caso di impianto privo di mescolatore od aumentata di 7 MPa nel caso di impiego di mescolatore:

senza mescolatore fisso: $R_m = R_{ck} + 10 \text{ MPa}$

con mescolatore fisso: $R_m = R_{ck} + 7 \text{ MPa}$

- h. Le curve di correlazione tra dosaggio e resistenza media sperimentalmente riscontrate e di cui ai precedenti punti e ed f, forniranno il dosaggio di cemento che, per il cemento previsto, risulterà utile ad ottenere la voluta resistenza caratteristica.
- i. L'Appaltatore verificherà infine che il dosaggio così determinato, per ogni classe di resistenza, consenta il rispetto anche di ogni altro parametro quale, a titolo esemplificativo ma non riduttivo, rapporto acqua/cemento e/o altri parametri della composizione legati al rispetto della prevista classe di esposizione.

Il processo di qualifica delle miscele è indifferente al fatto che il calcestruzzo sia prodotto dall'Appaltatore o da lui acquistato preconfezionato o comunque prodotto.

5.4 Qualifica del calcestruzzo in impianto

Le prove di qualifica del calcestruzzo, secondo le composizioni come sopra definite (*Mix-Design finale*), andranno eseguite negli impianti qualificati che, pertanto, abbiano almeno superato positivamente tutte le procedure di taratura delle bilance, dei dosatori, delle sonde e di controllo del software di gestione.

Le miscele qualificate in un impianto di betonaggio s'intenderanno qualificate e quindi utilizzabili anche in altri impianti, purché qualificati.

All'impianto di betonaggio tutte le prove di qualifica e i prelievi verranno effettuati da un Laboratorio Ufficiale specificamente Autorizzato.

Verificata la corrispondenza della composizione della miscela inserita nei software di gestione, registrata la temperatura dell'acqua di impasto e dell'aria, si procederà ad effettuare un carico di almeno 4 m³ di calcestruzzo, avendo cura di:

- frazionare il carico in 2 pesate parziali da 2 m³ ciascuna;
- impostare un tempo di miscelazione del mescolatore fisso non inferiore a 40 secondi;

Dopo aver accertato dal documento di carico, che l'impasto è avvenuto nel rispetto della tolleranza dei singoli componenti e trascorso il tempo minimo necessario per garantire l'omogeneità dell'impasto, si procederà ad effettuare le prove sul calcestruzzo fresco, sempre ad opera del Laboratorio Ufficiale/Autorizzato nel seguente modo:

ad 1/5 circa dello scarico della betoniera:

- slump;
- massa volumica;
- aria inglobata;
- acqua essudata;
- temperatura del calcestruzzo (in rapporto alla temperatura dell'ambiente);
- trattenuto di aggregato al setaccio di 4 mm;
- prelievo per la confezione di 8 cubetti;
- controllo della composizione del calcestruzzo fresco UNI 6393 (limitatamente al contenuto d'acqua)

ai 4/5 circa dello scarico della betoniera:

- slump;
- aria inglobata;
- trattenuto di aggregato al setaccio di 4 mm (per prova di omogeneità rispetto al valore del primo quinto);
- prelievo per la confezione di 8 cubetti;
- controllo della composizione del calcestruzzo fresco UNI 6393 (limitatamente al contenuto d'acqua)

La prova a compressione verrà eseguita dal Laboratorio Ufficiale/Autorizzato a ciascuna delle seguenti scadenze: 2 cubetti a 3 giorni di maturazione, 2 a 7 giorni e 4 a 28 giorni.

La qualifica si intenderà positivamente superata allorquando:

- la media dei risultati a compressione dei due prelievi (media dei 4 provini a 28 giorni del prelievo ad 1/5 e media dei 4 provini a 28 giorni del prelievo ai 4/5) risulti maggiore alla classe di resistenza cui i prelievi si riferiscono aumentata di 1,64 volte la valutazione dello scarto quadratico medio risultante, ovvero di non meno di 8 MPa;
- la resistenza media così riscontrata non si discosta di oltre il 15% dal risultato a compressione ottenuto in sede di prequalifica della miscela rapportata allo stesso dosaggio di cemento e classe di consistenza;
- sia verificata l'omogeneità del carico dopo 1/5 e dopo 4/5 dello stesso se:
 - o la differenza in peso del materiale trattenuto al setaccio da 4 mm, tra i due campioni non varia più del 3% rispetto i pesi dei due campioni di calcestruzzo;
 - o i valori dello slump ad 1/5 e 4/5, eseguiti entro 15', non differiscano tra di loro più di 3 cm;
- l'aria inglobata, per calcestruzzi aerati, sia conforme ai valori prescritti ($\pm 1\%$) e tra i due prelievi i valori non differiscano di oltre 1.5 punti percentuali, e per il calcestruzzo standard \leq al 2,0% con differenza massima tra le due letture di 0.5 punti percentuali;
- il dosaggio dell'acqua ottenuto con l'effettuazione della prova UNI 6393/72 non si scosti più del 5% rispetto ai valori indicati nella stampa di carico;
- il valore della massa volumica dia $\pm 1\%$ rispetto quella del Mix di prequalifica;
- il valore dello slump sia conforme alla classe di consistenza dichiarata, inoltre a scopo conoscitivo, si potranno eseguire anche prove del mantenimento della lavorabilità eseguendo lo slump a 60' e 90';
- il valore dell'acqua essudata, secondo UNI 7122/89, non superi il valore dello 1% dell'acqua totale dell'impasto;

Al termine dell'attività di qualifica relativa a ciascuna miscela di calcestruzzo, a fronte dei certificati del Laboratorio, verrà compilato un *Dossier di qualifica*, che verrà inviato alla Direzione Lavori per approvazione.

5.5 Documentazione

Si dovrà produrre una relazione di qualifica, anche in tre fasi (vedi capitolo 3.1) per ogni tipo e classe di conglomerato, alla quale si dovranno allegare i seguenti documenti:

- Elenco dei materiali impiegati, indicante fornitore, provenienza, tipo, eventuale classe e qualità dei medesimi.
- Certificati di conformità dei materiali costituenti la miscela d'impasto.
- Certificato della massa volumica reale s.s.a., massa volumica reale ed assorbimento, per ogni classe disaggregato, secondo EN 1097-6.
- Studio granulometrico del calcestruzzo.
- Tipo, classe e dosaggio del cemento.
- Rapporto acqua/cemento.

- Marca, denominazione, tipo e dosaggio degli eventuali additivi
- Proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica
- Valore della consistenza misurata al Cono di Abram
- Risultati delle prove preliminari di resistenza a compressione, effettuate in laboratorio (Paragrafo 4.3) e curve di resistenza nel tempo.
- Curve di resistenza in funzione dei valori di slump e del rapporto A/C;
- Preparazione di provini per la determinazione delle caratteristiche di durabilità del conglomerato cementizi
- Descrizione dell'impianto di confezionamento con particolare riferimento ai seguenti sistemi e procedure:
 - pesatura/dosaggio di ogni componente e relative tarature;
 - strumento (sonda resistiva, a micro-onde, ...) per la misurazione dell'umidità delle sabbie e sistema per la valutazione di quella degli aggregati grossi;
 - mescolazione (fissa di impianto, con relativo tipo di mescolatore e tempi programmati di mescolazione) o, in alternativa, in autobetoniera (con modalità e tempi minimi di mescolazione);
 - automatismo e registrazione delle pesate reali;
 - operatività in manuale, in caso di accidentale non operatività dell'automatismo, e relativo sistema di registrazione delle singole pesate.
- Sistemi di trasporto, di getto e di maturazione
- piani di manutenzione di impianti e betoniere
- relazione che confermi la qualifica del calcestruzzo secondo quanto indicato al punto precedente (Paragrafo 4.4).

5.6 Approvazione della Direzione Lavori

Le documentazioni di cui sopra verranno trasmesse dall'Appaltatore alla Direzione Lavori

Questa, dopo l'esame dei documenti e dei risultati dei relativi impasti di prova, approverà, se le riterrà idonee, l'impiego delle miscele oggetto di qualifica, con l'emissione, per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio, di un apposito documento di approvazione.

L'approvazione da parte della Direzione Lavori, in base alle norme vigenti, non solleva in alcun modo l'Appaltatore dalle sue responsabilità. Pertanto, contro nessuna responsabilità e per alcun titolo, potrà essere addebitata alla Direzione Lavori in relazione alla sua approvazione.

Tale qualifica dovrà essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta venissero a modificarsi le caratteristiche fisico-chimiche di uno dei componenti del conglomerato cementizio ed ovviamente ogni qualvolta vengono variate le fonti di approvvigionamento.

6. MODALITÀ DI ESECUZIONE

6.1 Produzione e movimentazione del calcestruzzo

La produzione ed il trasporto del calcestruzzo, per quanto non diversamente indicato nel presente documento, dovrà avvenire nel rispetto di quanto indicato nelle Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato emesse dal Consiglio Superiore dei Lavori pubblici. Per tale ragione gli elementi al proposito precisati nel seguito, sono da intendersi non esaustivi ma quale evidenziazione di alcuni passi delle Linee Guida in questione.

6.1.1 Qualifica degli impianti

La qualifica della centrale di betonaggio, e la verifica della sua capacità a produrre calcestruzzi con caratteristiche in accordo a quelle indicate nella presente sezione del Capitolato Speciale d'Appalto, avverrà dopo la verifica della taratura dell'impianto.

L'Appaltatore effettuerà la qualifica dell'impianto e redigerà una relazione delle verifiche tecniche effettuate che attesti l'esistenza e l'efficienza di tutti i mezzi e le apparecchiature secondo quanto indicato in Capitolato ed in particolare dei:

- Sistemi di dosaggio automatico
- Sistemi di controllo dei dosaggi
- Sili di stoccaggio del cemento sfuso, sili per le eventuali aggiunte e cisterne per gli eventuali additivi
- Magazzini cemento insaccato
- Sistemi di misura umidità di sabbie ed aggregati

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B.2
Sezione n. 6: Opere di conglomerato cementizio
SEZIONE 6A – OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA

Pag. 18 di 48

- Sistemi di captazione delle polveri di cemento e/o filler che escludano ogni loro possibilità di travaso e/o uso frammischiato.

I conglomerati cementizi dovranno essere confezionati in centrali di betonaggio o impianti di cantiere che dovranno essere preventivamente esaminati ed approvati dalla Direzione Lavori. La capacità produttiva oraria degli impianti dovrà essere pari a non meno di 1.25 volte i consumi orari previsti dal programma di costruzione. Gli impianti per la produzione del calcestruzzo dovranno essere dotati di sistema di dosaggio automatico di tutti i componenti e degli strumenti ed attrezzature idonee a garantire un loro costante controllo (es. sonde per la determinazione della umidità delle sabbie). Le pesate effettive di ogni componente e gli eventuali loro scostamenti rispetto le pesate conformi alle ricette approvate, vanno conservate, archiviate e tenute a disposizione della Direzione Lavori per l'intera durata dei lavori e fino al definitivo favorevole collaudo dell'opera.

Ferme restando l'indicazione delle Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato emesse dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, in particolare:

- il sistema di movimentazione e le tramogge degli aggregati dovranno essere tali da assicurare che sia evitata ogni frammistione tra classi granulometriche diverse;
- ogni cemento, distinto per tipo, classe e cementeria di produzione dovrà essere insilato in un apposito silo debitamente contrassegnato con i tre elementi qui citati;
- al fine di evitare ogni frammistione, non è ammesso che le polveri captate a seguito dell'approvvigionamento di cementi e/o eventuali fillers, vengano addotte al dosatore del cemento sia direttamente (con filtro posizionato sul dosatore) sia indirettamente (con coclea). Alla stessa stregua non è ammesso che più sili, se contenenti cementi diversi per tipo, classe e cementeria di origine, siano collegati ad uno stesso filtro. Pertanto, ove ogni silo non sia equipaggiato con un proprio filtro, le polveri captate sulla base di ogni altro schema dovranno essere escluse da ogni ciclo di produzione;
- i sistemi di dosaggio dovranno consentire il rispetto delle prescrizioni di dosaggio riportate nel precedente capitolo della presente Sezione di CSA-Parte B.

Ogni centrale di betonaggio od impianto di cantiere dovrà avere al proprio interno o comunque disporre di un laboratorio.

È opportuno, per quanto possibile, evitare che l'acqua piovana possa alterare bruscamente l'umidità degli aggregati nelle tramogge per cui si raccomanda l'impiego di idonee tettoie. È altresì raccomandata la copertura dei nastri trasportatori. Questi dovranno inoltre essere mantenuti in idoneo stato di pulizia ad evitare accumuli di materiali argillosi e limosi. Per le stesse ragioni raschia-nastri e rulli di tensione trasversali all'estradosso del tappeto in gomma, dovranno essere posizionati in modo tale da non generare caduta di materiale su tramogge e flussi di aggregato.

L'Appaltatore dovrà assicurare che le centrali/impianti di confezionamento dei conglomerati cementizi provvedano a:

- registrare, con frequenza minima giornaliera e comunque ad ogni significativo cambio di condizioni termo-igrometriche, attraverso l'automatismo dell'impianto o su un modulo, i valori ottenuti dalle letture fornite automaticamente dalle sonde, relativi all'umidità di tutte le sabbie presenti nelle tramogge. Vanno anche registrati gli eventuali interventi attuati sugli strumenti di cui è dotata la centrale per correggere l'eventuale disuniformità di lettura;
- controllare e registrare su un modulo, con frequenza minima di una volta ogni 50 m³, il valore dello slump dei carichi di partenza dalla centrale. Il valore dello slump rilevato in centrale deve essere riportato dall'operatore sulla bolla di accompagnamento e deve essere comparato alla classe di consistenza prevista alla consegna, tenendo quindi conto del calo di lavorabilità dovuto agli effetti delle condizioni ambientali (caldo) e/o dei tempi prolungati di trasporto e scarico.

Tale documentazione dovrà essere resa disponibile a cura dell'Appaltatore su richiesta della Direzione Lavori.

Nel caso in cui l'acqua per gli impasti fosse accumulata in cisterne, queste devono essere opportunamente posizionate per limitare gli effetti delle basse ed alte temperature; in particolare dovranno essere protette (con tettoie ecc.) dall'irraggiamento diretto. In ogni caso l'eventuale deposito dell'acqua dovrà essere organizzato in maniera tale da evitare lunghe permanenze ed il rischio di formazioni vegetative.

Il conglomerato residuo contenuto nelle autobetoniere e pompe, compreso quello eventualmente rifiutato dalla Direzione di Cantiere ovvero respinto dalla Direzione Lavori, dovrà essere portato a discarica. In alternativa

potrà essere inviato ad un apposito impianto di recupero del calcestruzzo fresco da installarsi a cura e spese dell'Appaltatore che provvederà, tramite idonei macchinari e vasche, alla separazione del cemento e degli aggregati ed al recupero di questi ultimi.

Nel caso di recupero, tuttavia, dovranno essere osservate le seguenti prescrizioni:

- gli aggregati, una volta recuperati, dovranno essere conservati in cumuli distinti ed identificati quindi posti in apposite tramogge. Non dovranno essere impiegati per la preparazione di nuovi calcestruzzi dalla classe di resistenza ≥ 25 MPa. L'Appaltatore, in relazione alla loro composizione granulometrica media, documenterà il rispetto della composizione granulometrica approvata e terrà a disposizione della Direzione Lavori registrazione aggiornata del carico/scarico di tali aggregati di recupero.
- l'acqua recuperata potrà essere impiegata tal quale per la produzione di magroni privi di funzioni strutturali o, congiuntamente ad acqua fresca, fino al 50% del fabbisogno per calcestruzzi fino alla classe di resistenza 25 MPa esclusa, oppure, infine, fino al 20% del fabbisogno per calcestruzzi dalla classe di resistenza 25 MPa in su. Il rispetto di tali rapporti dovrà essere assicurato dall'automatismo di pesata dell'impianto di produzione.

6.1.2 Qualifica delle autobetoniere

Gli elementi essenziali alla qualifica delle autobetoniere, da riportarsi nel documento di qualifica, sono:

- una usura delle pale interne che, in ogni loro punto, non deve mai eccedere il valore del 10% rispetto l'altezza originale;
- l'inesistenza, al suo interno, di significativi residui solidi;
- la sua capacità di scaricare agevolmente l'intero contenuto di calcestruzzo fresco;
- la sua capacità a compiere un numero di rotazioni/minuto primo non inferiore a quello indicato dal suo costruttore ridotto di una unità;
- il corretto funzionamento del suo contalitri dell'acqua;
- il corretto funzionamento del manometro indicante la pressione del circuito idraulico di rotazione.

6.1.3 Tenuta in efficienza dei mezzi di produzione

Per impianti di produzione del calcestruzzo ed autobetoniere va tenuto un registro che riporti tutti gli interventi di manutenzione, ordinaria e straordinaria, effettuati e li rapporti a quelli previsti dal piano di manutenzione programmata.

In particolare, tutti gli strumenti di pesatura e dosaggio, nonché le sonde per la determinazione della umidità delle sabbie, dovranno essere verificati, tarati e mantenuti tali, secondo le frequenze minime previste dalle Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato emesse dal Consiglio Superiore LL.PP., nonché in caso di dubbio e su richiesta della Direzione Lavori

Al fine di assicurare un ulteriore controllo circa la corretta efficienza delle apparecchiature di dosaggio, l'Appaltatore:

- terrà un registro di carico e scarico delle materie prime che, con cadenza giornaliera, le consenta di conoscere le giacenze finali teoriche di ogni componente. Con frequenza minima settimanale, o maggiore in caso di dubbio, effettuerà la verifica delle giacenze effettive. Ad ogni variazione, tra la giacenza effettiva e quella teorica, eccedente la misura del 3% per cemento, aggiunte ed aggregati e 5% per gli additivi, ovvero di 5 t per ogni silo di cemento e/o aggiunta, 30 t di aggregati e 100 l di additivo, dovrà conseguire la verifica, da parte del manutentore delle bilance, della corretta operatività del relativo strumento di dosaggio.
- con frequenza almeno mensile, o superiore in caso di dubbio, effettuerà la verifica della corrispondenza del carico netto di una autobetoniera mediante sua pesatura, su pesa a ponte tarata, prima e dopo il carico di calcestruzzo. La differenza tra il carico netto su pesa a ponte ed il totale dei pesi costituenti il carico, effettuati in impianto, non dovrà eccedere la misura del 2%. In caso di eccesso la prova dovrà essere ripetuta su altra pesa a ponte e, in caso di conferma della eccedenza, richiederà l'intervento urgente del manutentore delle bilance.
- Da ciascuna delle eventuali variazioni evidenziate nei due punti precedenti scaturisce, da parte dell'Appaltatore, la redazione di un rapporto in cui vengano evidenziate le cause, le conseguenze sulla produzione, con specifico riferimento alla qualità delle strutture realizzate e le misure correttive assunte

ad evitarne il ripetersi. Copia di tutte le registrazioni ed i rapporti verrà settimanalmente fornita alla Direzione Lavori, cui rimane la facoltà di richiedere ulteriori accertamenti.

- Le betoniere dovranno essere esaminate periodicamente per verificare la diminuzione dell'efficacia dovuta sia ad accumulo di conglomerato indurito che all'usura delle lame. L'autobetoniera dovrà essere dotata di apposito libretto che attesti le revisioni periodiche effettuate (ogni 4000 m³ e comunque almeno ogni tre mesi).

L'efficienza delle autobetoniere dovrà essere mantenuta coerente ai requisiti di qualifica espressi in precedenza. L'Appaltatore dovrà accertarsi preliminarmente alla produzione giornaliera dello stato di efficienza ed idoneità dei mezzi con riferimento particolare al buon stato di conservazione delle pale interne, alla efficienza dei contaltri dell'acqua e, se disponibile, del manometro del circuito idraulico per la determinazione della consistenza del calcestruzzo contenuto.

6.1.4 Produzione, accettazione e conservazione delle materie prime

Cemento

Non è consentito mescolare tra loro cementi di diversa classe, tipo e provenienza; per ciascuna opera dovrà essere impiegato un unico tipo di cemento.

Ciascun silo del cantiere o della centrale di betonaggio sarà destinato a contenere cemento di un unico tipo, unica classe ed unico produttore e, a tale scopo, sarà chiaramente identificato.

Il dosaggio e il tipo di cemento dovranno essere scelti in relazione alle caratteristiche costruttive dell'opera ed a quelle ambientali, con particolare riferimento alla resistenza meccanica, durabilità e temperatura del getto in fase di idratazione.

Aggregati

Al ricevimento degli aggregati, un incaricato dell'Appaltatore avrà cura di verificare che dai relativi documenti di consegna emerga la Marcatura CE a cura del produttore.

Gli aggregati dovranno essere assicurati nella misura necessaria allo svolgimento del previsto programma dei getti o, in mancanza, stoccati in quantità congruente al programma lavori e comunque sufficiente a completare qualsiasi opera che debba essere gettata senza interruzioni.

Il luogo dell'eventuale stoccaggio a terra dovrà essere di dimensioni adeguate da consentire l'immagazzinamento delle diverse pezzature che dovranno essere tenute in cumuli separati o separate da appositi setti.

Per ogni cumulo dovrà essere apposto un cartello, leggibile dagli addetti l'alimentazione, indicante la classe granulometrica (d/D) dell'aggregato, la sua denominazione corrente e, preferibilmente, la sua forma: naturale (N) o frantumata (F).

La superficie di appoggio di ogni cumulo dovrà essere conformata in modo tale da consentire l'allontanamento dell'acqua piovana e di percolazione.

Gli aggregati a cumulo dovranno essere prelevati in modo tale da garantire la rotazione continua dei volumi stoccati.

Additivi

Le scorte minime degli additivi dovranno assicurare non meno di una settimana di produzione di calcestruzzo conforme ai programmi di getto.

Al loro ricevimento si dovrà controllare che essi corrispondano per marca e tipo a quanto ordinato e conforme alle qualifiche delle miscele approvate dalla Direzione Lavori

La conservazione degli additivi verrà fatta in cisterne chiaramente identificate per marca e tipo, protette sia dall'irraggiamento solare diretto estivo che dai rigori invernali. Sono ammesse giacenze in fusti solo per quantità non eccedenti i 500 litri e purché si disponga di dispositivi per cui anche il loro contenuto possa essere dosato automaticamente.

Periodiche agitazioni dei quantitativi giacenti dovranno assicurare ch'essi non formino depositi a causa dei quali quanto di volta in volta dosato potrebbe non conferire il risultato atteso. In ogni caso non potranno essere utilizzati additivi giacenti da oltre sei mesi dalla loro produzione/consegna.

Aggiunte

Le eventuali aggiunte in polvere, quali fillers e ceneri volanti, vanno ricevute, insilate distintamente e dosate analogamente a quanto specificato per i cementi.

Nel caso di utilizzo di fumi di silice è ammessa la loro conservazione nelle confezioni originali ed il loro dosaggio manuale secondo una procedura che, redatta dall'Appaltatore, dovrà essere approvata dalla Direzione Lavori. In ogni caso l'Appaltatore terrà a disposizione della Direzione Lavori una aggiornata registrazione del suo carico/scarico.

Dosaggio dei componenti

Il cemento, l'acqua, eventuali aggiunte e gli additivi, dovranno essere misurati con dispositivi separati ed usati esclusivamente per ciascuno di essi. Il tenore di umidità di tutte le diverse classi di aggregati dovrà essere controllato almeno una volta al giorno e comunque ogni volta che cambiano le condizioni atmosferiche nel corso della giornata; inoltre le tramogge contenenti le sabbie dovranno essere dotate di strumenti (sonde di rilevamento) idonei a misurare l'umidità nelle sabbie stesse all'inizio di ciascuna pesata, in modo da eseguire automaticamente la correzione di peso effettivo rispetto al teorico e la detrazione dell'acqua presente nell'aggregato. Per gli aggregati grossi, in assenza di sonde di rilevamento, la percentuale di umidità potrà essere impostata in modo fisso in base alle rilevazioni giornaliere che dovranno essere registrate su idoneo modulo.

Il cemento, l'acqua e l'aggregato totale dovranno essere dosati con una tolleranza pari al $\pm 3\%$ della quantità richiesta, mentre per additivi tale tolleranza sarà pari al $\pm 5\%$: le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi, tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta l'anno.

L'impianto dovrà disporre di tabelle di pesatura informatiche e complete, per ogni impasto prodotto e per le varie quantità prodotte, in funzione dell'umidità delle sabbie.

L'impianto deve comunque disporre anche di ricette cartacee aggiornate (quelle superate saranno state rimosse contestualmente alla consegna di quelle aggiornate) da impiegarsi esclusivamente in caso di accidentale non funzionamento dell'automatismo di impianto. Le ricette, una per ogni miscela di calcestruzzo in produzione, riporteranno i pesi di ogni componente (pesi progressivi per gli aggregati pesati in un unico dosatore) di mezzo in mezzo metro cubo di calcestruzzo fino alla massima capacità di carico delle autobetoniere in uso, per gli impianti privi di mescolatore, o fino alla massima capacità del mescolatore in sua presenza.

6.1.5 Mescolazione

Gli impasti dovranno rispondere ai requisiti di omogeneità e a tal fine il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere adeguati. In particolare, il tempo di miscelazione viene così fissato:

- in autobetoniera: 30 secondi per ogni metro cubo caricato con un minimo di 4 minuti, subito dopo il carico e con betoniera alla max velocità;
- con mescolatore ad assi orizzontali: non meno di 45 secondi per ciclo;
- con mescolatori ad asse verticale "planetario": non meno di 30 secondi per ciclo.

6.1.6 Temperatura del calcestruzzo fresco

Nel luogo di produzione ed in cantiere saranno installati termometri atti a misurare la minima e la massima temperatura atmosferica giornaliera. La produzione e la posa in opera del conglomerato cementizio dovranno essere sospese nel caso in cui la temperatura al getto scenda al di sotto di 5°C , a meno che l'impianto di betonaggio non sia dotato di un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e dell'acqua tale da consentire di raggiungere una temperatura dell'impasto appena miscelato non inferiore a 8°C . La temperatura dell'impasto fresco non dovrà superare i 30°C , fino al momento della sua posa in opera.

6.1.7 Trasporto

Nel caso di miscelazione diretta in betoniera, ferme restando le prescrizioni del tempo di miscelazione fornite nel precedente punto, lo stato di usura delle pale interne della betoniera, la successione e velocità di carico dei materiali dovranno essere tali da evitare la formazione di grumi.

Il trasporto del calcestruzzo dal luogo del confezionamento a quello di impiego dovrà avvenire utilizzando mezzi ed attrezzature idonee ad evitare che si verifichi la segregazione dei vari componenti l'impasto o il deterioramento dell'impasto stesso.

In ogni caso il tempo intercorrente tra il confezionamento dell'impasto all'impianto ed il getto non dovrà essere tale da determinare una perdita di consistenza di una classe rispetto quella richiesta.

In caso di particolari condizioni operative (ad esempio getti in galleria a notevole distanza dall'imbocco), potrà essere autorizzato un tempo limite per il getto dal momento del confezionamento fino a 90'. In tal caso per il mix in esame dovrà essere eseguito uno specifico studio di qualifica che attesti il mantenimento della lavorabilità nel tempo, con controllo dell'abbassamento al cono di Abrams ogni 15'.

Nel caso in cui per il mantenimento della lavorabilità a lungo periodo occorresse una ritempra della miscela di conglomerato fresco, questa potrà avvenire solo mediante aggiunta di additivo superfluidificante, secondo quanto specificato in seguito nel capitolo inerente i controlli di qualità.

Ogni carico di conglomerato cementizio dovrà essere accompagnato da una bolla indicante la data, la classe di conglomerato, il dosaggio, i metri cubi trasportati, l'ora di confezionamento e l'opera per la quale dovrà essere impiegato. Il personale dell'Appaltatore sarà tenuto ad esibire dette bolle, su richiesta, al personale della Direzione Lavori.

6.1.8 Scarico

E' ammesso l'uso di scivoli soltanto se sarà garantita l'omogeneità dell'impasto. Le benne a scarico di fondo e i nastri trasportatori saranno eventualmente autorizzati in funzione della distanza di scarico. Al termine di scivoli, nastri trasportatori e, preferibilmente, benne, saranno fissati tubi-getto che evitino sia la segregazione che la caduta libera del calcestruzzo per oltre 50 cm.

All'atto dello scarico saranno controllate l'omogeneità e la consistenza dell'impasto.

Se pompato, il conglomerato cementizio dovrà avere alla bocca di uscita della tubazione una classe di consistenza corrispondente a quella di progetto.

6.2 Casseforme e centinature

Nella progettazione e nell'esecuzione delle armature di sostegno, delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata, in particolare per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo.

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.

6.2.1 Pulizia, trattamento

I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito e il loro distacco alla scasseratura.

Si farà uso di prodotti disarmanti disposti nel rispetto delle indicazioni fornite dal produttore. Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto disarmante.

6.2.2 Disarmanti

È fatto divieto l'uso di lubrificanti di varia natura e di oli esausti. Dovranno invece essere impiegati prodotti specifici, conformi alla Norma UNI 8866, parti 1 e 2, per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito. Particolare attenzione dovrà essere posta affinché essi vengano distribuiti nella misura più omogenea possibile (generalmente con una buona nebulizzazione) ad evitare la trattenuta di bolle d'arie sulle superfici, particolarmente nel caso di casseri metallici, plastici e/o in compensati resinati.

6.2.3 Giunti e riprese di getto

I giunti tra gli elementi di cassaforma saranno realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiaccia e creare irregolarità o sbavature; potrà essere prescritto che tali giunti debbano essere evidenziati in modo da divenire elementi architettonici.

Le riprese di getto saranno, sulla faccia a vista, delle linee rette e, qualora richiesto dalla Direzione Lavori, saranno marcate con gole o risalti in profondità (spessore 2-3 cm) che all'occorrenza verranno opportunamente sigillati.

6.2.4 Predisposizione di fori, tracce e cavità

L'Appaltatore ha l'obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni esecutivi per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, appoggi, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere interruttrive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, etc.

6.3 Armature metalliche

6.3.1 Aspetti generali

La superficie delle armature deve essere esente da ruggine e da sostanze che possono deteriorare le proprietà dell'acciaio o del calcestruzzo o l'aderenza fra loro.

Eventuali trattamenti di zincatura e protezione mediante verniciatura devono essere applicati sulle barre (ed eventuali inserti) già piegate e preferibilmente assemblate. La movimentazione delle armature trattate imporrà particolare cura affinché eventuali scalfitture del trattamento non compromettano l'effetto protettivo.

Il taglio e la curvatura dei ferri d'armatura devono essere effettuati secondo le prescrizioni riportate nella documentazione progettuale. E' comunque prescritto che:

- ❑ la curvatura sia effettuata con progressione regolare;
- ❑ la curvatura a temperatura inferiore a 5°C sia autorizzata dalla Direzione Lavori, che fisserà le eventuali precauzioni;
- ❑ a meno di una specifica indicazione riportata nella documentazione progettuale, deve essere evitato il riscaldamento delle barre per facilitarne la curvatura.

Le barre piegate devono presentare, nelle piegature, un raccordo circolare di raggio non minore di 6 volte il diametro; le barre di acciaio inossidato a freddo non possono essere piegate a caldo. I diametri dei mandrini di curvatura devono essere adattati al tipo d'armatura, e non devono essere inferiori ai valori riportati in Eurocodice (EN 1992-1-1).

6.3.2 Giunzioni

Eventuali giunzioni, quando non siano evitabili, dovranno essere realizzate (con saldature, con manicotti filettati o con sovrapposizioni) nel rispetto della normativa vigente. Nel caso di impiego di manicotti, l'Appaltatore dovrà presentare le schede tecniche dei materiali che intende utilizzare informando preventivamente la Direzione Lavori.

L'impiego di saldature sarà di norma consentito soltanto per barre di acciaio di tipo "calmato". Le modalità di saldatura dovranno essere comunicate tempestivamente dall'Appaltatore alla Direzione Lavori e dovranno essere supportate con l'esito di alcune prove sperimentali. Nel corso dei lavori, la Direzione Lavori avrà facoltà di richiedere l'esercizio di ulteriori prove di controllo sulle saldature eseguite.

6.3.3 Posa in opera

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego di opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico.

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso, in corrispondenza di tutti i nodi, dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0.6 mm, in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

L'Appaltatore dovrà adottare, inoltre, tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto. Le tolleranze massime accettabili nel posizionamento dei ferri di armatura sono pari a:

- o ± 3 cm per i ferri ordinari;
- o $\pm 0,5$ cm per lo spessore del copriferro;
- o ± 1 cm per il valore dell'interferro.

6.3.4 Protezione delle correnti vaganti

Le predisposizioni per il controllo delle correnti vaganti nelle armature del cemento armato dovranno rispettare i requisiti previsti dalla normativa CEI EN 50122-2 "Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane

- Impianti fissi. Parte 2. Protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua".

In particolare sono da prevedere dei collegamenti delle armature dei singoli manufatti componenti le strutture (paratie, fodere, orizzontamenti e rimanenti parti di strutture accessi, pozzi, camere di ventilazione, ecc.) tramite le saldature, che potranno essere fatte con elettrodi a bassa resistenza e dovranno rispettare i seguenti minimi:

- sui ferri sovrapposti la saldatura sarà del tipo a cordone semplice o doppio purché la lunghezza complessiva sia pari ad almeno 5 volte il diametro del ferro;
- sui ferri incrociati la saldatura dovrà costituire un collegamento tale che nessuna sezione passante per il nodo possa risultare inferiore alla sezione del ferro con diametro minore.

E' da prevedere la realizzazione dell'accessibilità dall'interno dei singoli manufatti ai ferri elettricamente continui mediante una nicchia da predisporre prima del getto e/o mediante piastre metalliche e/o profilati ad "L" da saldare ai ferri previa demolizione del copriferro, sia per i collegamenti tra le paratie e le fodere sia per i collegamenti delle fodere, degli orizzontamenti e delle altre parti di strutture alla rete di terra.

Tali collegamenti, che danno la continuità elettrica tra i singoli manufatti, prevedono:

- corde di rame di collegamento perimetrale annegate nelle fodere
- collegamenti montanti tra la maglia del dispersore di terra sotto il solettone di fondo e la rete equipotenziale nel solaio a piano atrio (sotto i locali tecnologici), annegati nelle fodere.

E' richiesto il requisito di saldabilità per le barre facenti parte di gabbie di armatura che richiedono espressamente punti di saldatura elettrica.

6.4 Esecuzione dei getti

6.4.1 Getto in opera

L'Appaltatore è tenuto a presentare alla Direzione Lavori il programma settimanale dei getti indicando il luogo, l'opera, la classe di resistenza, i m³ di conglomerato e l'impianto di confezionamento previsti.

Eventuali modifiche del programma settimanale dovranno essere comunicate con almeno 24 ore di anticipo.

Prima di ogni singolo getto di calcestruzzo verrà eseguita una ispezione, in contraddittorio tra esponenti dell'Appaltatore e della Direzione Lavori, della cassaforma, del suo fondo e delle armature, degli eventuali inserti e di quant'altro connesso al getto in programma. Questa ispezione avrà scopo di verificare il posizionamento del cassero, la sua corrispondenza alle tavole costruttive, il posizionamento dei vari inserti, le armature metalliche, ecc. Essa comunque, indipendentemente dalle conclusioni cui perviene, non implicherà alcun sgravio delle esclusive responsabilità dell'Appaltatore in relazione alla esecuzione dei lavori in totale coerenza al progetto, alla documentazione ed alle prescrizioni a suo carico e a quant'altro a ciò connesso.

Sarà a cura dell'Appaltatore notificare alla Direzione Lavori il giorno e l'ora di tale ispezione con almeno 24 ore di anticipo.

Le tecniche e gli strumenti di messa in opera e compattazione, nonché la definizione della classe di consistenza, devono essere tali da assicurare l'ottenimento di una densità in sito non inferiore al 98% della densità riscontrata negli impasti di qualifica delle miscele e nei cubetti.

L'Appaltatore dovrà dare, oltre al piano settimanale dei getti, comunicazione scritta alla Direzione Lavori dei getti che intende eseguire con un anticipo di 24 ore. La Direzione dei Lavori potrà, a sua esclusiva discrezione, verificare la preparazione e la rettifica dei piani di posa, delle casseforme, delle armature metalliche e delle eventuali guaine dei cavi per la precompressione e, qualora le opere non fossero in accordo al progetto o alle prescrizioni del presente capitolo, segnalare le eventuali anomalie e prescrivere i necessari interventi riparatori.

Nel caso di getti contro terra, si dovrà controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesa di materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto.

Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

Prima del getto, tutte le superfici di contenimento del calcestruzzo dovranno essere lavate con acqua od aria in pressione ed i ristagni d'acqua saranno allontanati dal fondo della cassatura. Le superfici dei casseri o di

contatto e/o ripresa di getto, se porose, dovranno inoltre essere mantenute umide per almeno 2 ore prima dell'inizio delle operazioni di getto.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. Il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali non superiori a 50 cm. Il tempo intercorso tra la messa in opera di due strati successivi non dovrà superare il tempo di inizio di presa del conglomerato cementizio. Durante il costipamento di uno strato, i vibrator ad immersione dovranno penetrare per circa 10-20 cm nello strato inferiore per omogeneizzare adeguatamente fra loro gli strati. L'altezza di caduta libera del conglomerato fresco sarà funzione delle caratteristiche di segregabilità dell'impasto, ma comunque mai superiore ad 1.0 m.

A meno che non sia altrimenti stabilito dal progetto o dalla Direzione Lavori, il calcestruzzo dovrà essere compattato con adeguato numero di vibrator ad immersione ed a parete.

Le attrezzature non funzionanti dovranno essere immediatamente sostituite in modo che le operazioni di costipamento non vengano rallentate o risultino insufficienti.

E' vietato scaricare il calcestruzzo in un cumulo e distenderlo con l'impiego di vibrator.

Durante la posa in opera gli accumuli di ghiaia, eventualmente formatasi, dovranno essere dispersi prima della vibrazione del conglomerato cementizio.

Per getti in pendenza, dovranno essere predisposti dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di conglomerato cementizio troppo sottili per essere vibrare efficacemente.

Qualora il calcestruzzo dovesse essere gettato in presenza d'acqua, l'Appaltatore dovrà adottare gli accorgimenti necessari ad impedire che l'acqua lo dilavi. Il conglomerato cementizio sarà posto in opera ed assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee, perfettamente regolari ed esenti anche da macchie e chiazze.

Particolari modalità di posa in opera saranno osservate per il getto dei diaframmi in c.a., per i quali si rimanda alla specifica sezione di capitolato.

In ogni caso la massa volumica del calcestruzzo indurito, misurata secondo la Norma UNI EN 12350-6 su provini prelevati dalla struttura senza inserti metallici, non dovrà risultare inferiore del 98% della massa volumica della miscela fresca misurata nelle prove di qualificazione e/o di quella dichiarata nel progetto della miscela.

Per quelle opere che, per effetto di operazioni successive, si rendano inaccessibili o comunque non ispezionabili, l'Appaltatore dovrà sempre dare la prescritta informazione alla Direzione Lavori prima di procedere con le fasi successive; nel caso in cui l'Appaltatore non ottemperasse a quanto sopra, la Direzione Lavori potrà richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibili le opere non ispezionate. Le prestazioni necessarie per quanto sopra dovranno essere eseguite a cura e spese dell'Appaltatore.

6.4.2 Riprese di getto

Di norma i getti dovranno essere eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa; nel caso in cui ciò non fosse possibile, prima di effettuare la ripresa, la superficie di conglomerato cementizio indurito dovrà essere accuratamente pulita, lavata, spazzolata ed eventualmente scalfitta fino a diventare sufficientemente rugosa e tale da garantire una perfetta aderenza tra i getti. Inoltre, ovunque sia possibile, le riprese di getto saranno ubicate in zona compressa.

Qualora sia necessario effettuare il getto in più riprese, ad intervalli superiori alle 2 ore, prima di riprendere le operazioni, il giunto di costruzione già formatosi, dovrà essere umidificato e omogeneamente ricoperto da uno strato di pasta, avente le stesse caratteristiche (tipo di cemento e rapporto acqua/cemento) del conglomerato cementizio, che penetri in tutte le irregolarità.

Tra un getto e l'altro, nel punto di ripresa, non si dovranno avere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto.

Per opere particolari l'Appaltatore dovrà sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori specifiche modalità di ripresa di getto, che dovranno essere accompagnate da idonee prove in laboratorio ed in campo su opere e/o parti d'opera e/o manufatti campione appositamente realizzati in sede adeguata.

6.4.3 Getti in clima freddo

Per tempo freddo si intende quando la temperatura è inferiore ai 5°C. Si dovrà controllare comunque che la temperatura del conglomerato cementizio appena miscelato non sia inferiore agli 8° C e che non siano congelate o innevate le superfici di fondo e di contenimento di getto.

Con temperature ambientali inferiori ai 0°C non è consentito eseguire getti in calcestruzzo a patto che non vengano presi provvedimenti, presentati ed approvati dalla Direzione Lavori, atti ad innalzare la temperatura del calcestruzzo ed a proteggere i getti fino al raggiungimento della resistenza (5 MPa) sufficiente a contrastare il congelamento dell'acqua di idratazione.

6.4.4 Getti in clima caldo

La temperatura dell'impasto non dovrà comunque superare i 30°C. Per getti massivi tale limite sarà convenientemente ridotto. Al fine di abbassare la temperatura del conglomerato sotto tale limite potrà essere usato ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, assicurandosi che tutto il ghiaccio sia sciolto al termine della miscelazione dell'impasto e della misura della consistenza.

Potranno essere eventualmente impiegati additivi per ritardare la presa e per facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo. Schede tecniche dei prodotti che l'Appaltatore intende utilizzare dovranno essere preventivamente inviate alla Direzione Lavori.

6.4.5 Stagionatura e maturazione

Tutte le superfici dovranno essere mantenute umide per almeno 48 ore dopo il getto per mezzo di prodotti antievaporanti, applicati a spruzzo ovvero mediante continua bagnatura con serie di spruzzatori d'acqua o con altri idonei sistemi da approvarsi da parte della Direzione Lavori.

Il metodo di maturazione prescelto dovrà assicurare il controllo delle variazioni termiche differenziali nella sezione trasversale delle strutture, in modo tale da evitare fessurazioni che compromettano le caratteristiche del conglomerato cementizio indurito.

Per le solette è fatto obbligo di applicare esclusivamente i prodotti antievaporanti di cui sopra o la bagnatura continuamente rinnovata.

Durante il periodo di stagionatura i getti dovranno essere accuratamente protetti per evitare urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

Di norma viene esclusa l'accelerazione dei tempi di maturazione con trattamenti termici per i conglomerati gettati in opera.

I metodi di maturazione e la loro durata dovranno essere tali da garantire per il conglomerato cementizio indurito:

- la prescritta durabilità e resistenza;
- la totale assenza di fessure o cavillature date dal ritiro per rapida essiccazione delle superfici di getto o per sviluppo di elevati gradienti termici all'interno della struttura.

Si dovranno seguire le raccomandazioni della norma UNI EN 206.

I metodi di maturazione utilizzati dall'Appaltatore, essendo di enorme rilevanza al fine di una buona riuscita delle opere, dovranno essere preventivamente comunicati alla Direzione Lavori

6.4.6 Maturazione accelerata

La maturazione accelerata dei conglomerati cementizi con trattamento termico sarà permessa qualora siano state fatte indagini sperimentali sul trattamento termico che si intende adottare, particolarmente per controllare che ad un aumento delle resistenze iniziali non corrisponda una resistenza finale (a 28 giorni) minore di quella prevista in progetto.

Dovranno, inoltre, essere rispettate le prescrizioni di cui ai punti che seguono:

- si dovrà adottare una prestagionatura, non inferiore alle due ore, alla temperatura ambientale massima di 30°C;
- il gradiente termico di riscaldamento e quello di raffreddamento non dovranno superare il valore di 15°C/ora;
- la temperatura massima raggiunta nell'ambiente di stagionatura sarà di 65°C;

- la temperatura massima all'interno del conglomerato cementizio non dovrà superare i 70°C a 4 cm dalla superficie, ed inoltre la variazione di temperatura non supererà i 15°C da punto a punto della superficie stessa;
- l'umidità relativa dell'ambiente di maturazione sarà mantenuta a non meno del 90% per l'intera durata del ciclo di pre-stagionatura, gradiente di riscaldamento, riscaldamento e gradiente di raffreddamento fino alla temperatura ambientale.
- il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura, dovrà avvenire con apposita apparecchiatura che registri l'andamento delle temperature nel tempo.

6.5 Disarmo

Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti, quando saranno state raggiunte le resistenze prescritte sulla base del confronto con le resistenze raggiunte dai provini di accettazione. In assenza di specifici accertamenti, l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto stabilito dalle *Norme Tecniche* emanate in applicazione dell'art.21 della L.05/11/1971 n°1086 e dalle Linee Guida del Ministero dei LL.PP. sul calcestruzzo strutturale (Settembre 2017).

La rimozione del cassero avverrà informandone per tempo la Direzione Lavori che avrà così modo di fare una ispezione in contraddittorio al fine di verificare, per quanto al momento riscontrabile e senza pregiudicare successivi riscontri le prescrizioni che ne potrebbero derivare, la conformità e la capacità della parte d'opera rispetto al progetto e alle specifiche di normativa. Nel caso in cui la Direzione Lavori, per quanto informata, non sia presente all'ispezione, l'Appaltatore procederà comunque con i lavori di rimozione dei casseri senza tuttavia poter procedere ad alcuna sistemazione e/o ripristino dei getti che non dovessero essere riusciti bene. Per le eventuali zone da riparare per difetti di superfici, fessure, ecc.), congiuntamente alla Direzione Lavori si definiranno le metodologie di riparazione da adottare ed i prodotti da utilizzare che già non fossero stati definiti all'inizio del lavoro ed approvati dalla Direzione Lavori.

Eventuali irregolarità o sbavature, qualora ritenute intollerabili, dovranno essere asportate mediante bocciardatura ed i punti difettosi dovranno essere ripresi accuratamente, con malta cementizia a ritiro compensato, immediatamente dopo il disarmo.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti dovranno essere tagliati ad almeno 0.5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento. Nel caso di superfici con finitura di calcestruzzo a vista la profondità di cui sopra dovrà essere portata ad almeno 2 cm.

Dopo il disarmo dovranno essere adottati inoltre i provvedimenti precedentemente descritti per completare la corretta stagionatura, evitare la rapida essiccazione delle superfici ed ogni loro brusco cambiamento di temperatura.

6.5.1 Caratteristiche estetiche

Il colore superficiale è determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma e pertanto per garantire l'uniformità, per ogni singola opera, il cemento dovrà provenire dallo stesso cementificio ed essere sempre della stessa classe e dello stesso tipo, così pure gli aggregati, in particolare la sabbia dovranno provenire dalla stessa cava ed avere granulometria e composizione costante.

Nei calcestruzzi con finitura a vista e valenza architettonica non è consentito l'uso di cenere volante.

Le opere e i componenti delle opere che dovranno avere lo stesso aspetto superficiale, dovranno preferibilmente ricevere lo stesso trattamento di stagionatura.

In particolare, si dovrà curare che la stagionatura venga eseguita con particolare cura e che i relativi tempi di mantenimento in condizioni di continua umidità (vedi Paragrafo 5.4.5) sia prolungata a non meno di 48 ore, evitando così la formazione di efflorescenze sul conglomerato cementizio.

Le superfici finite e curate come indicato ai punti precedenti, dovranno essere adeguatamente protette se le condizioni ambientali e di lavoro saranno tali da poter essere causa di danno in qualsiasi modo per le superfici stesse, evitando che si producano scalfiture, macchie o altro che ne pregiudichino la durabilità e l'estetica.

Si dovranno inoltre evitare macchie di ruggine dovute alla presenza dei ferri di ripresa; in tali casi occorrerà prendere i dovuti provvedimenti evitando che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superfici finite del getto.

Qualsiasi danno o difetto della superficie finita del conglomerato cementizio dovrà essere eliminato a cura dell'Appaltatore con i provvedimenti che la Direzione Lavori riterrà più opportuni.

6.5.2 Ripristini e stuccature

Nessun ripristino o stuccatura dovrà essere eseguito dopo il disarmo del conglomerato cementizio senza il preventivo controllo ed autorizzazione della Direzione Lavori.

Sarà cura dell'Appaltatore proporre i materiali che essa intende utilizzare per i ripristini. Se richiesto dalla Direzione Lavori, prima di procedere a definitivi ripristini, l'Appaltatore effettuerà delle prove per valutare la qualità tecnica ed estetica degli interventi proposti.

6.6 Magroni e malte

6.6.1 Magroni

Prima di effettuare qualsiasi getto di conglomerato di fondazione, dovrà essere predisposto sul fondo dello scavo, dopo aver eseguito la pulizia ed il costipamento dello stesso secondo le modalità previste dalla presente sezione del Capitolato Speciale d'Appalto, uno strato di conglomerato magro avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno.

Lo spessore dello strato sarà desunto dai documenti di progetto. Le caratteristiche tecniche saranno conformi a quanto stabilito nella Tabella 1

Prima dell'inizio dei lavori, l'Appaltatore è tenuto a presentare alla Direzione Lavori il progetto della miscela (*Mix Design*) del magrone di fondazione, la cui composizione dovrà essere mantenuta costante durante l'esecuzione delle opere.

Il magrone dovrà avere una resistenza $R_{ck} \geq 15 \text{ N/mm}^2$.

Dovrà essere confezionato con componenti qualificati. È consentito l'impiego di aggregati di Classe B.

Il cemento dovrà essere di tipo III o IV di classe 32.5. Il rapporto A/C non potrà superare il valore di 0,9.

In corso d'opera si eseguiranno prove di controllo a compressione su due cubetti, aventi lato 15 cm, per la determinazione della resistenza media (R_m) a compressione del prelievo a 28 giorni. La frequenza delle prove sarà di una ogni 1000 m³ di magrone prodotto da ciascun impianto di betonaggio.

6.6.2 Malta di livellamento

Sono malte confezionate con sabbia di granulometria appropriata, acqua e cemento nelle dovute proporzioni ed utilizzate per la formazione di piani di appoggio con le tolleranze richieste dal progetto.

Le dimensioni degli inerti (sabbia) saranno di norma tra 2.0 e 3.0 mm. La composizione della malta, in assenza di diversa indicazione, corrisponderà al rapporto, in peso, 1:3 tra cemento (di classe 32,5) e sabbia. La quantità di acqua sarà quella necessaria per ottenere una malta plastica idonea a riempire perfettamente le tasche per bulloni e/o inserti e gli spazi tra il conglomerato e le piastre; il rapporto A/C dovrà comunque essere inferiore a 0.4 e in caso di insufficiente lavorabilità, si dovrà ricorrere all'impiego di additivi fluidificanti o superfluidificanti.

Prima di effettuare la posa in opera della malta di livellamento, le superfici dovranno essere accuratamente pulite.

6.6.3 Malte speciali per inghisaggi

Le malte speciali sono quelle malte ottenute con l'aggiunta di acqua a componenti premiscelati, ottenendo così delle malte a ritiro compensato ed elevato grado di fluidità da utilizzare per inghisaggi di strutture, o altri elementi da congiungere, evitando il ritiro della malta e l'eventuale microdistacco dalle parti da fissare.

Il prodotto premiscelato, la cui granulometria sarà adeguata agli spessori delle malte, sarà addizionato con acqua nelle proporzioni indicate dal Fornitore e comunicate alla Direzione Lavori. Tali prodotti dovranno essere conformi alle norme UNI dalla 8993/87 alla 8998/87. Schede Tecniche dei prodotti che l'Appaltatore intende utilizzare dovranno essere inviate per informazione alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori stessi.

Qualora richiesto dalla Direzione Lavori, le malte da inghisaggio saranno sottoposte al controllo della resistenza meccanica da eseguirsi su provini prismatici 40 x 40 x 160 mm come previsto dal D.M.3.6.1968, alle stagionature di 1,3,7,28 e 90 giorni.

7. CONTROLLI DI QUALITA'

7.1 Generalità

In questa sezione vengono descritti i controlli che, a cura dell'Appaltatore, debbono essere eseguiti in corso d'opera al fine di verificare, anche attraverso il mantenimento delle condizioni accertate nel corso delle prove preliminari di qualifica, il rispetto delle caratteristiche e prestazioni previste dal Progetto. A tal fine l'Appaltatore deve darsi una struttura, organizzazione e pianificazione delle attività di controllo.

L'Appaltatore pertanto dovrà redigere - e sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori almeno 30 giorni prima del previsto inizio della lavorazione - il documento; "PIANO DI QUALITA' DI COSTRUZIONE E INSTALLAZIONE – OPERE IN CALCESTRUZZO".

Il piano di qualità di costruzione e installazione (PQCI) sarà redatto sulla base dell'indice generale e relativi contenuti indicati nell' ALLEGATO 1 al presente CSA – Parte B.

Le prove ed i controlli sono a carico dell'Appaltatore e saranno eseguiti in conformità al PROGRAMMA DELLE PROVE E DEI CONTROLLI contenuto nel PQCI.

Sarà cura dell'Appaltatore eseguire o far eseguire tutte le prove ed i controlli previsti, così come quelli integrativi che la Direzione Lavori ritenesse necessari ad assicurare la rispondenza del lavoro eseguito alle specifiche ed agli standard qualitativi prefissati.

Le prove da eseguire ai sensi della L.05/11/1971 N°1086 e delle Linee Guida del Ministero dei LL.PP. sul calcestruzzo strutturale, dovranno essere effettuate presso Laboratori Ufficiali Autorizzati ai fini specifici delle prove di cui alla legge in questione.

La Direzione dei Lavori potrà eseguire controlli di conformità periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica.

7.2 Qualifica del laboratorio prove

Presso l'impianto di betonaggio od il cantiere, o in altro luogo comunque idoneo ad offrire la necessaria assistenza per continuità e tempestività, l'Appaltatore dovrà avere a disposizione un laboratorio prove dotato di tutti gli attrezzi (serie di setacci, bilance, contenitori graduati, fornello, cono di Abrams, casseforme per cubetti in ghisa, acciaio o poliuretano ad alta densità, necessari per effettuare:

- le verifiche delle pezzature e delle curve granulometriche delle varie classi di aggregato;
- la determinazione delle eventuali impurità limose contenute negli aggregati (equivalente in sabbia e/o valore di blu);
- la misura del tenore di umidità degli aggregati;
- il controllo del dosaggio di cemento mediante disidratazione in alcool del campione fresco e successiva vagliatura;
- prelievi di conglomerato fresco per la realizzazione delle prove di:
 - o resistenza a compressione (cubettiere metalliche o in poliuretano ad alta densità);
 - o checking fresh (contenitore ermetico ed alcool);
 - o consistenza: abbassamento al cono di Abrams;
 - o massa volumica (contenitore rigido tarato – min. 10 litri);
 - o acqua essudata;
- contenuto d'aria (porosimetro).

7.3 Qualifica delle materie prime

Prima dell'inizio dei lavori, l'Appaltatore è tenuto a redigere e sottoporre alla Direzione dei Lavori per approvazione, un Rapporto di Qualifica in cui elencherà tutti i materiali che intende impiegare, indicandone produttore, provenienza, tipo e qualità. A tale elenco saranno unite le documentazioni comprovanti la conformità alle specifiche del presente Capitolato, e precisamente:

- Cemento:
 - o prove previste dalla L.595/65 e dal D.M.09/03/88 n°126, del D.M.13/09/93 G.U.22/09/93;
 - o analisi chimica dei contenuti di C₃A e C₄AF+2C₃A
- Sabbie:
 - o modulo di finezza (EN 933-1)
 - o contenuto passante al vaglio 0.063 mm (EN 933-1)

- o analisi dei fini: (EN 933-8 e EN 933-9)
- o contenuto di parti leggere e vegetali (UNI EN 8520-9)
- o contenuto di solfati (UNI EN 8520-10)
- o contenuto di cloruri solubili (UNI EN 8520-12)
- o contenuti di sostanze organiche (UNI EN 8520-14)
- o equivalente in sabbia (EN 933.8)
- o curva granulometrica (EN 933-1)
- o potenziali reattività in presenza di alcali (se provenienza diversa di quella degli aggregati grossi) (UNI EN 8520-22)
- Aggregati grossi:
 - o esame petrografico
 - o contenuto passante al vaglio 0.063 mm (EN 933-1)
 - o analisi dei fini: EN 933-9
 - o contenuto di parti leggere e vegetali (UNI EN 8520-9)
 - o contenuto di solfati (UNI EN 8520-10)
 - o contenuto di cloruri solubili (UNI EN 8520-12)
 - o degradabilità ad attacchi di sostanze solfatiche (UNI EN 1367-2)
 - o massa volumica ed assorbimento (EN 1097-6)
 - o coefficiente di forma e appiattimento (EN 933-4 e EN 933-3)
 - o resistenza ai cicli di gelo-disgelo (EN 1367-1)
 - o potenziali reattività in presenza di alcali (UNI EN 8520-22)
 - o distribuzione granulometrica (EN 933-1)
- Aggiunte:
 - o trattenuto al setaccio da 0.075 mm
 - o carbone libero è da determinarsi solo per le ceneri (fly ash)
 - o Ph solo per quelle liquide/fangose (slurry)
- Acqua d'impasto (ad esclusione di quella proveniente da acquedotto):
 - o contenuto di solfati
 - o contenuto di cloruri
 - o contenuto di acido solforico
 - o contenuto totale dei sali minerali
 - o contenuto sostanze organiche
 - o contenuto sostanze solide sospese
- Ceneri volanti:
 - o perdita al fuoco;
 - o contenuto di solfati;
 - o contenuto di cloruri;
 - o contenuto di ossidi;
 - o trattenuto al setaccio 0.075 mm;
 - o attività pozzolanica;
- Additivi:
 - o effetto fluidificante (aumento della lavorabilità a parità di acqua);
 - o mantenimento della lavorabilità;
 - o effetto ritardante o accelerante;
 - o aria inglobata;
- Anti-evaporanti:
 - o indice di efficienza DOT.

7.4 Qualifica delle miscele

Prima dell'inizio dei lavori, l'Appaltatore è tenuto a qualificare gli impasti ed i relativi materiali componenti per tutti i tipi e le classi di conglomerato previsti dal progetto.

L'Appaltatore è tenuto a produrre la documentazione comprovante la conformità dei singoli componenti e degli impasti alle prescrizioni e norme riportate nel presente documento.

In particolare, alla relazione di qualifica dovrà essere allegata la suddetta documentazione e dovrà essere fatto esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicando provenienza, tipo e qualificazione dei medesimi;
- conformità dei materiali costituenti la miscela d'impasto a quanto prescritto nel capitolo 3 e a quanto descritto nei successivi paragrafi
- massa volumica reale s.s.a, massa volumica reale ed apparente ed assorbimento, per ogni classe di aggregato, secondo EN 1097-6

Per ogni miscela di calcestruzzo dovrà essere precisato:

- studio granulometrico e relativa curva di riferimento;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;
- classe di consistenza misurata con il Cono di Abrams (od altro metodo acconsentito dalla Direzione Lavori);
- risultati delle prove preliminari di resistenza a compressione e curve di resistenza nel tempo;
- curve di resistenza in funzione dei valori di slump e del rapporto A/C;
- curve di resistenza in funzione del contenuto di cemento (a parità di consistenza);
- preparazione di provini per la determinazione delle caratteristiche di durabilità del conglomerato cementizio;
- valutazione dello scarto quadratico medio e calcolo delle resistenze medie di progetto per ogni classe di resistenza caratteristica;
- descrizione del metodo di controllo statistico che si intende applicare per la valutazione dei risultati di resistenza ottenuti in corso d'opera (controllo di produzione).

Solamente dopo l'esame e l'approvazione di detta documentazione da parte della Direzione Lavori, e dopo aver effettuato impasti di prova del calcestruzzo ed ottenuto i relativi risultati, l'inizio dei getti potrà avere luogo.

I materiali costituenti gli impasti di prova saranno sottoposti ai controlli già descritti in precedenza, per verificarne la corrispondenza ai requisiti delle norme vigenti.

Tale qualificazione dovrà essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta venissero a modificarsi in misura significativa le caratteristiche fisico-chimiche di uno dei componenti del conglomerato cementizio ed ovviamente ogni qualvolta venissero variate le fonti di approvvigionamento.

I materiali costituenti gli impasti di prova saranno sottoposti ai controlli già descritti in precedenza, e comunque di seguito riassunti.

7.5 Controlli in corso d'opera

I controlli in corso d'opera si articolano fondamentalmente in:

- o verifiche e controlli di accettazione delle materie prime e dei materiali;
- o autocontrollo della produzione di calcestruzzo che, finalizzato al controllo e gestione delle variabili di produzione, mira, adeguandole in relazione ai risultati, a mantenere costanti le prestazioni; non va confusa con il controllo di accettazione il cui scopo è quello di documentare la Direzione Lavori circa il rispetto delle prestazioni previste dal progetto. In relazione a tale distinzione, peraltro, risulta suggeribile che l'Appaltatore esegua un maggior numero di prove rispetto quelle che, in contraddittorio con la Direzione Lavori, sono utili al controllo di accettazione.
- o eventuali ulteriori prove richieste per particolari fasi aggiuntive del controllo a richieste dalla Direzione Lavori

7.5.1 Controlli di accettazione sui materiali

Leganti idraulici

Ogni lotto di cemento, sarà accettato dietro presentazione di certificato del fornitore riportante la composizione del prodotto.

Si dovranno effettuare, per ogni 1000t di cemento proveniente da un singolo fornitore, le verifiche seguenti:

- Caratteristiche generali, secondo UNI EN 197/1.
- Analisi chimica del contenuto di C₃A.
- Analisi chimica del contenuto di C₄Af + 2C₃A.

Le prove avverranno presso un laboratorio qualificato dell'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori o presso un Laboratorio Ufficiale.

In corso d'opera l'Appaltatore dovrà effettuare le verifiche anche con prelievi da eseguirsi in contraddittorio con il fornitore e la Direzione Lavori, da autocisterne piombate all'arrivo presso l'impianto di betonaggio.

La copia dei certificati di ogni singola prova, riportanti l'identificazione del lotto controllato e del fornitore, il laboratorio certificante e la data di prova, faranno parte del dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto.

Tali verifiche dovranno comunque essere effettuate ogni qual volta la Direzione Lavori lo richieda in base a particolari motivazioni tecniche.

In aggiunta a quanto sopra indicato per ogni 10.000t di ciascun tipo di cemento utilizzato dovrà essere acquisita una attestazione del Cementificio che dichiara il valore medio e l'intervallo di variabilità di ciascun requisito previsto dalla norma UNI EN 197/1 relativi alle prove del mese precedente.

Copia di tutti i certificati di prova dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori Al momento della consegna dei leganti idraulici L'Appaltatore dovrà verificare che essi siano accompagnati dalla Marcatura CE e, per quanto riguarda il(i) cemento(i), che esso sia del tipo, classe e provenienza (produttore e cementeria) di quello utilizzato nel processo di qualifica preliminare delle miscele.

Acqua

Le analisi dovranno determinare le caratteristiche elencate in Capitolato e avverranno con una frequenza di una prova ogni 180 giorni, nel caso di approvvigionamento da acquedotto. Le prove saranno comunque effettuate ad ogni cambio di fonte di approvvigionamento idrico. Nel caso di approvvigionamento da pozzi le analisi dovranno essere ripetute ogni mese.

Le frequenze indicate raddoppieranno in caso di superamento dei limiti; inoltre in tal caso la Direzione Lavori ha la facoltà di pretendere il cambiamento di fonte.

La copia dei certificati delle prove citate, riportanti l'identificazione del laboratorio certificante, del lotto e la data di prelievo, faranno parte del dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto.

Per quanto riguarda inoltre il dosaggio di acqua e cemento si effettuerà la prova in riferimento alla Norma UNI 8520, parte 13, per la condizione "satura a superficie asciutta".

Aggregati

Sarà controllata la conformità degli aggregati alle caratteristiche indicate in capitolato (secondo Norma UNI 8520, parte 2). Le verifiche complete avverranno almeno in ragione di 1 volta per ogni cambio di cava e/o scavo e di impianto di frantumazione e vagliatura.

Tali verifiche complete dovranno comunque essere ripetute con le frequenze previste dalla UNI EN 206 ed ogni qual volta, in base a motivate esigenze tecniche, la Direzione Lavori lo richieda o quando vengano riscontrati difetti alle specifiche del conglomerato cementizio o quando le caratteristiche del materiale appaiano difformi da quelle già testate e qualificate.

Le suddette verifiche, nel caso di impiego di aggregati fini (≤ 5 mm) dovranno essere effettuate ogni 500 m³ di aggregati impiegati e dovranno comprendere l'analisi granulometrica e la determinazione dell'umidità e dell'equivalente in sabbia. Nel caso invece di ricorso ad aggregati grossi (≥ 5 mm), le prove da svolgersi ogni 1000m³ comprendono l'analisi granulometrica e la determinazione dell'umidità, mentre quelle da effettuarsi ogni 2000 m³ comprendono anche la determinazione della massa volumica. Per quanto riguarda la granulometria degli aggregati, essa sarà controllata secondo le modalità UNI 8520, parti 3 e 6, e in accordo alle caratteristiche della presente sezione del Capitolato Speciale d'Appalto parte B.

Nel caso di approvvigionamento da scavo in galleria si controlleranno i materiali, con prelievo dal fronte di scavo; tali prove saranno limitate al:

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B.2
Sezione n. 6: Opere di conglomerato cementizio
SEZIONE 6A – OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA

Pag. 33 di 48

- contenuto di solfati e cloruri con frequenza giornaliera;
- alla potenziale reattività in presenza di alcali con frequenza settimanale;
- alla perdita di massa per urto e rotolamento, secondo UNI 8520, parte 19;
- all'inizio ed a ogni successiva variazione litologica.

Tutte le prove saranno effettuate presso laboratorio qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori o presso laboratorio ufficiale.

La copia dei certificati di ogni singola prova, riportanti l'identificazione del lotto controllato e della fonte di fornitura, il laboratorio certificante e la data di prova, sarà tenuta a disposizione della Direzione Lavori.

Nel caso di riscontrata reattività agli alcali si comunicheranno alla Direzione Lavori le misure adottate per escludere il fenomeno.

Additivi

L'impiego degli additivi dovrà essere preventivamente sperimentato, dichiarato nel *Mix Design* della miscela e quindi approvato dalla Direzione Lavori.

Nel caso di cambio della fonte di approvvigionamento, dovrà essere ripetuta la qualifica e copia dei certificati sarà poi trasmessa alla Direzione Lavori.

Gli additivi da impiegare dovranno essere muniti di certificato del fornitore di conformità alle norme e dovranno tutti riportare la marchiatura CE.

Copia di tale certificazione, unitamente ad una scheda tecnica riportante tipo, dosaggi ed effetti dell'additivo, sarà inviata alla Direzione Lavori e sarà allegata al dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto.

Aggiunte (ceneri, micro-silice, ...)

Dovranno essere eseguite delle prove fisiche e chimiche e di determinazione della finezza dei prodotti, al fine di verificare le caratteristiche richieste.

Le verifiche saranno effettuate con la frequenza di prova indicata sulle tabelle riportate ai punti sopra citati e su campioni provenienti da una stessa sede o lotto di fornitura.

L'esito di ogni prova dovrà essere riportato su certificato, indicando inoltre l'identificazione del Lotto, il laboratorio e la data del campionamento.

Le prove avverranno presso laboratorio qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori

Tali verifiche dovranno comunque essere effettuate ogni qual volta la Direzione Lavori lo richieda in base a motivate esigenze tecniche.

La copia dei certificati farà parte del dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto.

Acciaio d'armatura

Ogni partita di acciaio che entra in cantiere dovrà essere controllata dalla Direzione Lavori

L'Appaltatore dovrà dichiarare la provenienza e la qualità del materiale stesso, nonché il peso complessivo della partita e quello dei tondini dello stesso diametro.

L'impresa dovrà fornire alla Direzione Lavori i risultati delle prove fisiche e delle analisi chimiche eseguite in fabbrica sulla partita.

Il controllo qualità sugli acciai dovrà essere in accordo alle prescrizioni del D.M.17/01/2018.

Ogni lotto di barre di acciaio controllate in stabilimento dovrà essere munito di documentazione del fornitore, secondo la Normativa vigente, che certifichi gli avvenuti controlli.

Tale certificazione dovrà essere allegata al dossier di qualificazione dell'opera in conglomerato cementizio armato per la quale il lotto è stato impiegato.

L'acciaio dovrà recare in modo visibile i contrassegni di riconoscimento.

In cantiere o in stabilimento di prefabbricazione dovranno essere effettuate le prove previste dalla normativa vigente.

La Direzione dei Lavori potrà comunque disporre l'effettuazione di controlli ulteriori con le modalità da essa stessa indicate, in base a motivate esigenze tecniche.

La presente sezione si applica a tutti i tipi di forniture di acciai per ferri d'armatura di opere in conglomerato cementizio armato.

Per l'acciaio controllato in stabilimento, l'Appaltatore dovrà esibire la documentazione prescritta dalle norme in vigore, che certifichi gli avvenuti controlli e porre la Direzione Lavori in grado di accertare la presenza di

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B.2
Sezione n. 6: Opere di conglomerato cementizio
SEZIONE 6A – OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA

Pag. 34 di 48

contrassegni di riconoscimento. Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di disporre eventuali ulteriori controlli a proprio insindacabile giudizio ed a spese dell'Appaltatore.

All'arrivo del materiale in cantiere e/o in stabilimento di prefabbricazione saranno effettuati dei controlli di accettazione.

Questi saranno documentati tramite la compilazione di un apposito verbale.

I controlli riguarderanno l'accertamento della provenienza del materiale da fornitore qualificato, l'esistenza dei certificati di origine e dei contrassegni sulle barre d'acciaio, la corrispondenza della fornitura di documenti d'ordine, l'assenza di ruggine, grasso ed altri elementi pregiudizievoli per l'impiego in opera della singola partita. Da ogni partita saranno prelevate delle barre campione per il controllo del peso effettivo delle barre.

Il materiale rifiutato dovrà essere immediatamente stoccato in apposita area di segregazione.

Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura l'acciaio dovrà essere del tipo saldabile e rispondente ai requisiti del D.M.17/01/18. La saldatura dovrà essere autorizzata dalla Direzione Lavori dietro preventiva presentazione di una idonea procedura di lavoro che espliciti le modalità di esecuzione, materiali ed attrezzature, nonché la qualifica dei saldatori. Nel caso di impiego di manicotti l'Appaltatore dovrà consegnare preventivamente alla Direzione Lavori le schede tecniche dei prodotti da utilizzare.

Per il controllo del peso effettivo saranno prelevate delle barre campione. Qualora il peso effettivo risultasse inferiore al 98% di quello teorico e fosse ammissibile in base alle tolleranze ed alle normative in vigore, dovranno essere aggiunte barre in quantità sufficiente a realizzare una sezione di acciaio non inferiore a quella prevista dal progetto.

Qualora risultassero sezioni effettive inferiori a quelle ammesse dalle tolleranze previste dalle norme in vigore, il materiale verrà rifiutato e subito allontanato dal cantiere.

Calcestruzzo

Il rapporto acqua/cemento potrà essere controllato periodicamente secondo le Linee Guida sul Calcestruzzo preconfezionato redatte dal Consiglio Superiore dei LL.PP., sia in centrale di betonaggio che in cantiere alla bocca di getto.

Il controllo di accettazione dei calcestruzzi dovrà avvenire secondo quanto specificato all'art. 11.2.5 del D.M. 17/01/18, per quanto riguarda le resistenze meccaniche.

Sul conglomerato cementizio indurito la Direzione Lavori potrà disporre l'esecuzione di prove e controlli mediante prelievo di carote e/o altri sistemi anche non distruttivi, quali sclerometro, ultrasuoni, misure di resistenza ecc.

Per le opere principali, quali:

- impalcati
- fondazioni speciali
- opere di sostegno e paratie

è richiesto il controllo di accettazione di tipo A secondo come definito al punto 11.2.5.1 del D.M.17/01/2018, ferma restando la facoltà della Direzione Lavori di optare comunque per il criterio di accettazione di tipo B.

Le prove prescritte dalle specifiche contrattuali, dai documenti di progetto ed eventualmente richieste dalla Direzione Lavori, così come quelle previste dalle leggi vigenti, saranno eseguite a cura e spese dell'Appaltatore.

Si definiscono di seguito le varie successioni dei controlli da eseguirsi sul conglomerato cementizio e sui suoi singoli componenti.

Studio preliminare di "qualificazione": include le prove, gli studi, le certificazioni e le valutazioni da effettuarsi prima dell'inizio delle opere per l'approvazione da parte della Direzione Lavori del "Mix Design" del conglomerato cementizio.

Controlli di "conformità" in corso d'opera: comprendono i controlli da eseguirsi per verificare la conformità del conglomerato cementizio e dei suoi singoli componenti ai requisiti di progetto. Sono inclusi tra tali controlli anche quelli definiti "di accettazione", relativi alle resistenze meccaniche, specificate all'art.11.2.5 del D.M. 17/01/18.

L'Appaltatore dovrà predisporre un laboratorio di cantiere idoneo all'esecuzione delle prove di conformità sui materiali costituenti e sul conglomerato cementizio fresco.

Particolare cura dovrà porsi nelle misure della consistenza del conglomerato cementizio. Per detta caratteristica si terrà a riferimento la norma EN 12350-2 per quel che concerne l'abbassamento del cono di Abrams.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B.2
Sezione n. 6: Opere di conglomerato cementizio
SEZIONE 6A – OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA

Pag. 35 di 48

In corso d'opera il calcestruzzo ed i suoi componenti verranno sottoposti a controlli e prove, la cui frequenza e i cui limiti di accettabilità sono quelli previsti dal Capitolato. Qualora l'impasto venisse eseguito con premiscelatore, il prelievo per le prove previste, ad esclusione della consistenza, può essere effettuato presso l'impianto.

Se al controllo della lavorabilità (misura dello slump) nel luogo di getto, risultasse detto valore inferiore fino a 3cm rispetto al limite minimo della classe di consistenza, è ammessa l'aggiunta di acqua, sempre nel rispetto del rapporto A/C; per valori che differiscano per più di 3cm rispetto a quello di riferimento, è invece ammessa l'aggiunta di superfluidificante dello stesso tipo utilizzato per il confezionamento del calcestruzzo in questione, sulla base di prove specifiche preventivamente effettuate per ogni Mix e, comunque, nei limiti fissati nel paragrafo 5.3.

L'aggiunta dovrà essere registrata sulla bolla di consegna a cura del laboratorio e del Responsabile del getto e comunque dovrà essere effettuata entro 90 minuti dal momento del confezionamento all'impianto, così come risulterà dalla bolla di trasporto.

I risultati delle prove previste, ordinati cronologicamente e per zone di getto, verranno esaminati dall'Appaltatore per verificarne la conformità alle prescrizioni tecniche applicabili.

La conformità/accettazione del conglomerato indurito, sarà valutata secondo i criteri del D.M.17/01/2018, al punto 11.2.5.1 "Controllo di accettazione tipo A".

Dopo l'esito delle prove, verrà definita, in funzione degli intervalli di variazione ottenuti, una carta di controllo che indichi una fascia di oscillazione delle resistenze entro la quale la produzione possa essere considerata "controllata". Verranno inoltre definiti, qualora nel corso della produzione/fornitura alcuni risultati uscissero dalla fascia, i criteri di valutazione e di controllo e gli interventi correttivi da attivare, per ripristinare la costanza "di qualità" della produzione nel tempo.

In particolare, nel caso in cui da calcoli statistici risultasse un frattile superiore al 5%, verranno attivati accertamenti e/o controlli integrativi, quali ad esempio:

- verifica delle modalità di miscelazione;
- verifica delle modalità di confezionamento dei prelievi;
- verifica della modalità di stagionatura durante le prime 24h;
- verifica della taratura degli impianti;
- verifica delle sonde per la determinazione dell'umidità degli inerti;
- verifica della curva granulometrica degli inerti;
- verifica del cemento utilizzato mediante prove su malta plastica;
- al fine di individuare le cause dell'abbassamento dello standard qualitativo, e porvi tempestivamente rimedio.

L'Appaltatore dovrà dare evidenza oggettiva (es: emissione di verbali) delle anomalie riscontrate e degli interventi correttivi adottati.

La relativa documentazione prodotta sarà tenuta a disposizione della Direzione Lavori.

Nel corso della produzione/fornitura i limiti delle fasce potranno essere riesaminati ed aggiornati.

Una miscela di conglomerato che è stata qualificata con miscelazione in autobetoniera può, in corso d'opera, essere confezionata anche con miscelazione all'impianto (premiscelatore). Non è concesso il caso inverso.

Calcestruzzi con resistenze inferiori a quelle di progetto

Se i risultati delle prove eseguite sul conglomerato cementizio o sui loro componenti non saranno conformi a quanto indicato nei calcoli statici, nei disegni e nelle presenti prescrizioni, l'Appaltatore dovrà demolire e ricostruire totalmente l'opera, oppure, a discrezione della Direzione Lavori, sarà tenuta ad eseguire i lavori di adeguamento proposti dallo stesso Appaltatore e preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

Se i risultati delle prove e dei controlli eseguiti sui calcestruzzi o sui loro costituenti non risulteranno soddisfare i requisiti minimi previsti nei calcoli statici, nei disegni, nel contratto e nelle presenti prescrizioni, verrà redatto dalla Direzione Lavori un apposito rapporto e l'Appaltatore dovrà:

- Se la carenza è stata verificata prima del getto, sospendere i getti, finché non saranno stati allontanati dal cantiere tutti i materiali risultati difettosi. L'Appaltatore inoltre proporrà alla Direzione Lavori le azioni correttive che intende applicare al fine di rimuovere ogni eventuale residuo negativo ed evitare il ripetersi della non conformità.

- Se la carenza è stata verificata dopo il getto e, secondo il giudizio della Direzione Lavori, sarà tale da non assicurare i richiesti livelli prestazionali, demolire totalmente e ricostruire l'opera, oppure proporre alla Direzione Lavori l'esecuzione di idonei lavori di adeguamento, che dovranno essere approvati dal Progettista, dal Direttore dei Lavori dal Responsabile del Procedimento e dai Collaudatori. In tal caso verranno applicate le eventuali detrazioni o penali previste nel contratto. Nel caso di non accettazione delle proposte avanzate dall'Appaltatore, la demolizione ed il rifacimento a carico dell'Appaltatore diverranno ineludibili.

L'opera o la parte di opera per la quale è stata redatto il rapporto citato, anche in caso di demolizione e rifacimento, non potrà essere contabilizzata finché la carenza esecutiva non sia stata definitivamente rimossa e accettata. A tale scopo sul calcestruzzo indurito il Direttore dei Lavori potrà disporre l'esecuzione di prove e controlli integrativi mediante prelievo di carote e/o altri metodi non distruttivi da lui scelti quali, ad esempio, prove sclerometriche, ultrasuoni, misure di resistività, prove di estrazione (pull-out), penetrazione della sonda (Windsor), ecc., i cui costi saranno a totale carico dell'Appaltatore.

Qualora le prove di accettazione sui manufatti diano risultati non conformi ai valori indicati nel progetto, nella presente sezione del Capitolato Speciale d'Appalto parte B, nelle specifiche di esecuzione e nella specifica di controllo qualità, i manufatti stessi risultano non accettabili.

L'Appaltatore potrà quindi dimostrarne l'eventuale accettabilità sulla base di carotaggi, sui risultati dei quali la Direzione Lavori dovrà esprimere il suo eventuale accordo: soltanto in tal caso l'Appaltatore non dovrà procedere alla demolizione o al rifacimento del manufatto in questione.

7.5.2 Controlli aggiuntivi

Controlli particolari dovranno essere eseguiti ogni qualvolta la Direzione Lavori ne ravvisasse la necessità.

7.6 Prove di carico

L'Appaltatore dovrà tenere a disposizione della Direzione Lavori una copia completa delle documentazioni relative alle opere soggette a collaudo, e precisamente:

- Certificati di prove sui materiali, sia in stabilimento di produzione che in cantiere.
- Verbali di prove eseguite in cantiere e/o presso i fornitori.
- Copia dei disegni aggiornati con eventuali modifiche apportate in corso d'opera.
- Verbali e/o registri di laboratorio delle prove su provini di calcestruzzo, su provini in acciaio, sugli inerti e sui cementi.
- Registri dei getti.
- Giornale dei lavori.

Le prove di carico, prescritte dalle specifiche contrattuali, dai documenti di progetto ed eventualmente richieste dalla Direzione Lavori, così come quelle previste dalle leggi vigenti, saranno eseguite a cura e spese dell'Appaltatore.

Le prove di carico (collaudo statico) dovranno essere eseguite in accordo alle normative vigenti ed alle indicazioni del Collaudatore e della Direzione Lavori.

Le spese di collaudo sono a cura e spesa dell'Appaltatore, il quale dovrà mettere a disposizione dell'Organo di collaudo gli operai ed i mezzi necessari ad eseguire le operazioni previste. Risultano inoltre a carico dell'Appaltatore eventuali prove, richieste dalla Direzione Lavori e dall'Organo di collaudo, anche non prescritte all'interno del capitolato speciale d'appalto, ma ritenute necessarie a stabilire l'idoneità dei materiali, dei componenti e delle opere.

L'effettuazione delle prove dovrà essere programmata, con adeguato anticipo, con la Direzione Lavori. Sarà cura dell'Appaltatore verificare e fare in modo che al momento del collaudo risulti disponibile tutta la certificazione prevista dalle norme vigenti.

Prima della effettuazione delle prove l'Appaltatore dovrà concordare con la Direzione Lavori la quantità ed il tipo delle apparecchiature, degli strumenti e dei materiali da utilizzare, garantendo la operatività e la precisione richiesta e facendo eseguire le tarature eventualmente necessarie.

Sarà cura della Direzione Lavori assicurare, nel rispetto delle norme di sicurezza, la completa accessibilità sia alle opere da collaudare che agli strumenti di misura.

8. ELEMENTI PRECOMPRESI

8.1 Posizionamento delle armature di precompressione

L'Appaltatore deve attenersi rigorosamente alle disposizioni contenute nel progetto approvato, in particolare per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.;
- le fasi di applicazione della precompressione;
- la messa in tensione (da uno o da entrambi gli estremi);
- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni.

Fatte salve indicazioni di progetto al riguardo, al fine di preservare le armature metalliche delle strutture in cemento armato precompresso dall'azione corrosiva delle correnti vaganti, l'Appaltatore è tenuto a collegare tutti i ferri delle armature di precompressione tra loro nelle testate delle strutture mediante un conduttore di acciaio collegato ad un terminale da realizzare con un tondino di ferro dolce del diametro di 24 mm e sporgente dalla struttura per una lunghezza non inferiore a 20 cm.

Qualora tale procedimento non fosse possibile e, per motivi di sicurezza inerenti all'integrità delle armature di precompressione, sia prevista da progetto l'adozione di tecniche d'isolamento alternative, l'Appaltatore deve verificare che i prodotti indicati siano idonei allo scopo e abbiano ottenuto l'approvazione della Direzione Lavori. L'Appaltatore, relativamente alla conformità dei manufatti in conglomerato cementizio armato precompresso, oltre a rispettare le prescrizioni di progetto, deve verificare quanto indicato nel par.6.3.3 circa le tolleranze costruttive.

8.2 Tesatura dei cavi di precompressione

L'Appaltatore deve effettuare i controlli di conformità alle specifiche di progetto secondo i seguenti punti:

a) Preliminarmente alla messa in opera

L'Appaltatore, prima delle operazioni di messa in tensione, deve redigere una relazione tecnica in cui dettagliare le modalità di applicazione della precompressione da trasmettere per approvazione alla Direzione Lavori.

I cavi d'armatura e i dispositivi speciali devono essere forniti di documentazione riportante:

- la provenienza e l'identificazione del lotto;
- l'idoneità del materiale;
- le certificazioni delle caratteristiche dei materiali.

b) Al momento del posizionamento l'Appaltatore deve verificare la conformità:

- del tipo e della geometria di ogni singolo cavo;
- dei dispositivi speciali (ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa);
- dell'avvenuta predisposizione dei tubi di sfianto per le guaine secondo le indicazioni di progetto.

c) Al momento della messa in tensione dei cavi l'Appaltatore deve verificare che:

- la messa in tensione delle armature avvenga con apparecchiature corredate di certificazioni di taratura del dispositivo completo (martinetto+centralina); si devono utilizzare martinetti monotrefolo dotati di dispositivo che impedisca la rotazione del trefolo durante le fasi di tesatura;
- le operazioni di tesatura e delle eventuali ritesature delle armature siano registrate in specifica documentazione di controllo riportante i valori dei tassi di precompressione e degli allungamenti totali o parziali di ogni cavo.

d) Controlli sul lavoro finito

La Direzione Lavori, nel caso in cui non abbiano avuto garanzia della perfetta riuscita dell'intasamento delle guaine, potrà richiedere all'Appaltatore l'effettuazione di prove di tipo endoscopico su almeno il 20% dei cavi di precompressione e in almeno 3 punti per ogni cavo (estremità e mezzeria nel caso di travi appoggiate, comunque in relazione all'andamento del tracciato).

In caso di esito negativo delle suddette prove, si procederà all'estensione del controllo secondo insindacabile giudizio della Direzione Lavori.

8.3 Dispositivi di ancoraggio

L'Appaltatore deve verificare che i dispositivi di ancoraggio di estremità da impiegarsi per la precompressione a cavi scorrevoli (post-tensione) siano del tipo pressofuso e monoblocco. Tali dispositivi ai sensi del DM 17/01/18

– p. 11.5 e dalla Circolare n. 7 C.S.LL.PP. 21/01/19 – p.11.5.1 devono essere dotati di marchio CE in conformità a specifico Benestare Tecnico Europeo, ovvero, mediante certificazione di idoneità tecnica a valenza esclusivamente nazionale, rilasciata dal S.T.C. del Ministero delle Infrastrutture.
Per le modalità di utilizzo di tali dispositivi (geometrie, dimensioni, distanze mutue e dal bordo della carpenteria, frettaggio, armature di dettaglio, etc.) l'Appaltatore deve rispettare quanto riportato nei certificati di omologazione depositati.

8.4 Guaine ed iniezioni di malta

Per le caratteristiche delle guaine di acciaio, se previste in progetto, l'Appaltatore deve fare riferimento ai requisiti minimi indicati nella norma UNI EN 523 – prospetto 1.

Per le guaine di plastica (pvc) della post-precompressione interna e aderente l'Appaltatore deve rispettare le prescrizioni riportate nel Fib Bulletin 7 dal titolo "Guaine corrugate plastiche per post-tensione interna aderente (Corrugated plastic ducts for internal bonded post-tensioning)" del Gennaio 2000.

Nelle strutture in cemento armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, l'Appaltatore deve iniettare le guaine utilizzando una pasta di cemento fluida, a ritiro compensato e con adeguata resistenza meccanica, costituita da cemento, additivi ed acqua, non contenente cloruri o agenti che provochino espansione con formazione di gas aggressivi.

Eventuali additivi da impiegare per le malte devono rispondere ai requisiti della norma UNI EN 934-4.

l'Appaltatore deve procedere, prima dell'impiego, alle prove di qualificazione della malta cementizia che intende utilizzare e ottenerne l'approvazione da parte della Direzione Lavori.

8.4.1 Caratteristiche della miscela fluida e relativi controlli

Per la qualificazione della pasta cementizia l'Appaltatore deve eseguire oltre alle prove atte a determinare il soddisfacimento dei requisiti di base definiti dalla UNI-EN 447, utilizzando i metodi di prova definiti dalla UNI EN 445, anche i seguenti accertamenti:

- qualificazione delle materie costituenti la miscela, secondo le prescrizioni e modalità indicate nella sezione relativa alla qualificazione del calcestruzzo;
- verifica dell'assenza di cloruri, polvere di alluminio, coke o altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas;
- determinazione della massa volumica della miscela fresca che deve risultare $\geq 1,85 \text{ t/m}^3$;
- verifica dell'essudazione che non dovrà essere superiore al 2% del volume iniziale della miscela;
- determinazione dell'espansione, misurata in acqua dopo 2 giorni, che deve essere superiore al 4%;
- misurazione del tempo di inizio presa a 30 °C, misurato secondo la Norma UNI-EN 196-3, che deve essere superiore a tre ore ed il tempo di fine presa che deve essere inferiore a 6 ore, ad umidità relativa del 75%.

l'Appaltatore effettuerà le prove suddette presso un laboratorio di cui alla presente sezione di Capitolato.

8.4.2 Modalità di preparazione e iniezione

l'Appaltatore deve verificare prima della fase di iniezione che:

- l'impastatrice sia del tipo ad alta velocità con almeno 1500-2000 giri/min. E' vietato l'impasto a mano, e il tempo di mescolamento è fissato di volta in volta in base ai valori del cono di Marsh;
- prima della fase d'iniezione la miscela sia vagliata con setaccio avente maglia di 2 mm di lato; il trattenuto deve essere scartato;
- nel caso d'iniezione con pompa sia prescritta la presenza di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette e i cavi terminali. I tubi di sfiato devono essere presenti anche nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello;
- nel caso d'iniezione sottovuoto questa sia eseguita utilizzando un'apposita attrezzatura aspirante in grado di creare e mantenere, con la valvola di ingresso chiusa, una depressione di almeno 25 kPa nella guaina da iniettare per almeno 1 minuto. Inoltre, si richiede che:
 - la pompa aspirante abbia una portata nominale di almeno 30 m³/h e sia accoppiata a un'idonea attrezzatura equipaggiata da contalitri per la misura del volume della guaina da iniettare;
 - l'iniezione possa essere eseguita solo dopo aver misurato il volume della guaina e verificato la possibilità di mantenere stabilmente nella medesima la depressione prescritta.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B.2
Sezione n. 6: Opere di conglomerato cementizio
SEZIONE 6A – OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA

Pag. 39 di 48

Durante l'iniezione l'Appaltatore deve verificare che:

- le iniezioni siano eseguite possibilmente entro 7 giorni e comunque non oltre 15 gg dalla messa in tensione delle armature di precompressione;
- le condizioni climatiche (temperatura e presenza di gelo) siano tali da assicurare che la temperatura della struttura sia non inferiore a 5°C nelle 48 ore seguenti all'iniezione, e comunque garantendo l'utilizzo di apposita malta antigelo con tenore di 6-10% di aria occlusa;
- non vi siano possibilità d'infiltrazioni di aria nella guaina all'atto dell'immissione della pasta e per tutto il tempo dell'iniezione; gli eventuali punti d'infiltrazione devono essere individuati e sigillati;
- la pompa venga mantenuta in funzione fin quando la pasta non fuoriesce dal lato opposto della guaina in quantità almeno pari al volume equivalente a 50 cm di guaina, in modo da assicurare la completa rimozione di eventuali emulsioni protettive del cavo;
- la depressione nella guaina non superi i 35 kPa;
- il volume di pasta iniettata sia pressoché uguale al volume della guaina;
- quando la pasta fuoriesce dal lato opposto, si provveda a chiudere con una valvola il condotto di fuoriuscita e si prosegua a pompare fino a raggiungere la pressione di 500 kPa che deve essere mantenuta senza pompare per almeno 1 minuto;
- l'iniezione sia continua e non venga assolutamente interrotta. Nel caso d'interruzione superiore a 5 minuti il cavo venga lavato e l'iniezione ripresa dall'inizio;
- provveda con appositi contenitori, affinché la miscela di sfrido non venga scaricata sull'opera o attorno ad essa;
- durante le fasi di iniezione delle guaine, sia eseguita la misura del rapporto a/c e della fluidità sulla pasta cementizia in uscita ed in entrata per ogni impasto;
- l'iniezione continui finché la fluidità della pasta cementizia in uscita non sia analoga a quella della pasta cementizia in entrata con una tolleranza di ± 4 secondi;
- nel caso d'interruzione di iniezione, sia controllato che il tempo intercorso fino alla ripresa delle operazioni rimanga inferiore a 5 minuti, annotando gli orari di interruzione e di ripresa.

SEZIONE 6B – OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO PREFABBRICATE

9. DEFINIZIONI

La presente sezione definisce prescrizioni, oneri, specifiche tecniche e quant'altro relativamente alle opere in conglomerato cementizio prefabbricate.

La realizzazione di manufatti e strutture prefabbricate deve soddisfare le prescrizioni contenute nella Sezione 6A precedente nonché le prescrizioni specifiche contenute nella presente Sezione 6B. Ove già non previsti sui disegni di progetto, l'impiego di elementi totalmente o parzialmente prefabbricati è subordinato alla preventiva autorizzazione della Direzione dei Lavori, che potrà prescrivere prove sperimentali atte a prevedere il comportamento della struttura realizzata con tali elementi, con particolare riguardo alla durata nel tempo ed alla efficienza dei collegamenti, tenendo conto dei fenomeni di ritiro e di viscosità e degli effetti dei carichi alternati o ripetuti.

In particolare, qualora i manufatti prefabbricati abbiano funzione portante, siano essi elementi di solaio o di parete, dovranno rispettare le Norme per il calcolo contenute negli stessi D.M. di seguito elencati.

9.1 Normativa di riferimento

Si veda quanto riportato nell'equivalente paragrafo della Sezione 6A. In particolare, si evidenzia che la produzione, la posa in opera e il corretto inserimento dei manufatti prefabbricati in un insieme strutturale e le relative procedure di controllo dovranno essere conformi, oltre che a tutte le norme che disciplinano le opere in conglomerato cementizio armato in generale, anche alle seguenti norme specifiche:

- ❑ D.M.17/01/2018;
- ❑ D.M.3/12/1987 "*Norme Tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate*"
- ❑ C.M. n° 31104 del 16.03.89

9.2 Classificazione dei conglomerati cementizi

Si veda quanto riportato nell'equivalente capitolo della Sezione 6A

10. NORME DI MISURAZIONE

Si veda quanto riportato nell'equivalente capitolo della Sezione 6A

11. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI

Oltre a quanto riportati nella Sezione 6A:

Ulteriori e più specifiche prescrizioni attinenti controlli e prove sono contenute nel capitolo 6.

11.1 Qualifica dell'impianto di prefabbricazione

Gli impianti di prefabbricazione, siano essi in stabilimento o a piè di opera, qualora non siano già in possesso di certificazione di Sistema Qualità conforme alle normative UNI EN ISO 9000, rilasciata da Ente esterno accreditato, dovranno essere prequalificati dall'Appaltatore e tale qualifica dovrà essere sottoposta, per controllo ed approvazione, alla Direzione Lavori prima di iniziare la produzione.

Tale controllo consisterà nella verifica sull'idoneità di:

- attrezzature da usare nella prefabbricazione quali: impianti di betonaggio, casseforme, piani vibranti, spazi di produzione e di stoccaggio, etc.
- modalità esecutive quali: tempi e modi di produzione, metodi di produzione, metodi di stagionatura, etc.

Per l'ottenimento della prequalifica sarà necessaria:

- ❑ la verifica preliminare della documentazione del sistema organizzativo e di controllo;
- ❑ la verifica presso l'impianto di produzione.

Gli impianti di prefabbricazione per ottenere la prequalifica dovranno inoltre essere muniti di sistemi di controllo e regolazione automatica dell'acqua di impasto in funzione dell'umidità degli inerti.

12. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si veda quanto riportato nell'equivalente capitolo della Sezione 6A

13. CARATTERISTICHE DELLE MISCELE

Si veda quanto riportato nell'equivalente capitolo della Sezione 6A

14. MODALITÀ DI ESECUZIONE

14.1 Casseforme

Oltre a quanto riportato nell'equivalente paragrafo della Sezione 6A si evidenzia che la forma, la funzione, l'aspetto e la durabilità della struttura costituita dai manufatti prodotti non dovrà essere compromessa a causa delle casseforme.

Le casseforme dovranno rispondere alle seguenti tolleranze dimensionali:

- lunghezza: $S = \pm L/1000$ con massimo di 20 mm
- sezione (altezza, larghezza, ali): $S = \pm L/200$, con massimo di 5 mm
- spessore anima: $S = \pm L/200$, con massimo di 2 mm

dove: S è la tolleranza ammissibile; L è la dimensione presa in considerazione.

Le casseforme, compresi i sistemi di supporto, dovranno essere progettate e costruite in modo da garantire la permanente rispondenza del prodotto finito alle tolleranze dimensionali del progetto e in modo tale che non venga compromessa l'integrità delle parti strutturali con cui sono costruite le casseforme stesse.

14.2 Posizionamento delle armature

Le tolleranze di posizionamento dell'armatura, per le quali sia S = scarto massimo tra posizione teorica di progetto e posizione in opera;

- Armature in prossimità delle superfici (con il segno + si indica una maggiore distanza dalle superfici)
 - o $S = -0.0$ cm
 - o $S = +0.5$ cm
- Nelle armature interne cui è affidata la resistenza strutturale: il minore tra
 - o $S = \pm 0.25$ cm
 - o $S = \pm h/100$

essendo h lo spessore del conglomerato nella direzione dove lo scarto dell'armatura riduce la resistenza strutturale

- Armature interne costruttive: il minore tra
 - o $S = \pm 1.0$ cm
 - o $S = \pm h/50$

Lo scarto S deve in ogni caso essere inferiore a ± 3 cm nel caso di armature ordinarie e di ± 2 cm per quelle di precompressione, fermo restando quanto detto per le armature di superficie.

14.3 Inserti

Le tavole di progetto contengono l'indicazione dei meccanismi che devono essere conglobati e/o realizzati nelle strutture per esigenze di tipo impiantistico e di finitura. Resta comunque inteso che l'Appaltatore dovrà provvedere ad immergere nelle strutture tutti gli inserti ed a realizzare tutti i vani e gli attraversamenti che figurano negli specifici progetti architettonici e degli impianti.

Si tratta di inserti costituiti essenzialmente da:

- profilati, piastre o lamieroni in acciaio, pressopiegati, destinati a ricevere carichi (e/o intelaiature per serramenti), od a proteggere spigoli e zone critiche esposte ad urti o manomissioni: questi elementi devono essere resi conglobati nel getto completi di zanche, zincati a bagno;
- profilati tipo Halfen, destinati a ricevere carichi appesi, da rendere zincati a bagno e completi di zancature, staffe, testate di attacco per garantire l'adeguato trasferimento dei carichi.

Si precisa che per "meccanismi" si intendono solo le apparecchiature di tipo specifico tecnologico e non quelli attinenti alla statica della costruzione, per i quali resta inteso che l'Appaltatore dovrà comunque provvedere secondo le istruzioni che fornirà la Direzione Lavori delle strutture (indipendentemente dall'essere -o meno- questi stessi "meccanismi" già contenuti nelle tavole fornite a corredo del presente documento).

14.4 Esecuzione getto

Si veda quanto riportato nell'equivalente paragrafo della Sezione 6A.

Si precisa inoltre che i sistemi di vibrazione e di maturazione forzata dovranno essere descritti in relazione ed illustrati alla Direzione Lavori prima del confezionamento degli elementi prefabbricati. In particolare, la descrizione dei sistemi di vibrazione dovrà comprendere il numero, la posizione, la frequenza e l'ampiezza dei vibratorii che si intende impiegare. La descrizione dell'eventuale ciclo di maturazione forzata riporterà la durata di ciascuna delle fasi di prestagionatura, preriscaldamento, stagionatura e raffreddamento, nonché la temperatura massima del ciclo, il tipo di riscaldamento utilizzato (vapore, aria, ...), lo schema della loro distribuzione corredato dalle sezioni trasversali e longitudinali dell'ambiente di maturazione.

L'eventuale adozione di sistemi a maturazione forzata è subordinata all'approvazione da parte della Direzione Lavori delle modalità seguite. Potranno essere ordinati controlli atti a definire le leggi di variabilità del modulo E e dei parametri di ritiro e fluage per le verifiche di calcolo delle strutture precomprese.

Per quanto concerne la posa in opera di pozzetti, chiusini e canalette prefabbricate, essa avverrà interponendo uno strato di malta dosata a 400 kg/m³ di cemento.

Nel caso di getti da eseguire in presenza d'acqua, sarà cura dell'Appaltatore provvedere con i mezzi più adeguati all'aggettamento o alla deviazione della stessa o, in alternativa, sarà sua cura adottare gli accorgimenti necessari, previa approvazione della Direzione Lavori, per l'esecuzione dei getti.

14.5 Stagionatura

In caso di maturazione accelerata del calcestruzzo mediante trattamento termico a vapore si dovranno rispettare le seguenti modalità:

- ❑ il tempo di prestagionatura, alla temperatura massima di 30 °C, non dovrà essere minore di tre ore;
- ❑ il gradiente termico di riscaldamento non dovrà superare il valore di 15/20 °C/ora e dovrà essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo punto d);
- ❑ la temperatura del punto più caldo all'interno del calcestruzzo non dovrà superare 60 °C;
- ❑ la differenza di temperatura, da misurarsi tramite posizionamento di sonde di temperatura secondo le indicazioni della D.L., tra quella massima all'interno del calcestruzzo e quella della superficie del manufatto non dovrà superare 10/ 15 °C;
- ❑ il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura dovrà avvenire utilizzando un'apposita apparecchiatura che registri l'andamento delle temperature nel tempo;
- ❑ la procedura di cui al punto e) dovrà essere rispettata anche per i calcestruzzi gettati in opera e maturati a vapore.

In ogni caso i provini per la valutazione della resistenza caratteristica a 28 giorni, nonché della resistenza raggiunta al momento del taglio di trefoli o fili aderenti, dovranno essere maturati nelle stesse condizioni della struttura, secondo quanto previsto dalla Norma UNI 6127 1al punto 3.1.3.

14.6 Rimozione dei casseri

Prima di procedere allo scasso si dovrà verificare che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza richiesta per questa operazione eseguendo, preferibilmente, un controllo parallelo con le resistenze raggiunte dai provini maturati contestualmente ai manufatti da disarmare.

Per eventuali azioni si dovrà tenere in conto l'attrito della cassaforma, azioni dinamiche, posizione dei punti di sollevamento ecc. In mancanza di determinazioni più precise si assumerà che gli sforzi massimi siano dovuti al peso proprio maggiorato del 30%.

Tale condizione vale anche per la verifica delle condizioni di sollecitazione all'intorno del punto di sollevamento, anche per l'eventuale armatura di frettaggio.

L'estrazione dai casseri dei conci di rivestimento galleria dovrà avvenire quando il manufatto avrà raggiunto la resistenza richiesta, almeno pari a $R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$.

Verranno utilizzati appositi attrezzi tipo Vacuum, o equivalente, comunque tali da non indurre fessure o rotture nel concio; qualora si impieghino mezzi meccanici, particolare attenzione dovrà essere posta alla conservazione degli spigoli.

14.7 Identificazione e stoccaggio dei manufatti

Ogni elemento prefabbricato dovrà essere marcato, in maniera permanente, mediante un numero di matricola, conformemente ai disegni o al catalogo di produzione, in modo da permettere in qualsiasi momento l'identificazione.

Dovrà inoltre essere marcata la data di produzione e il peso dell'elemento qualora lo stesso costituisca parte strutturale dell'opera.

I materiali dovranno essere posti a stoccaggio in maniera propria, e più precisamente:

- ❑ si dovrà evitare qualsiasi danneggiamento;
- ❑ si dovrà evitare la costante esposizione di una parte del manufatto a condizioni sistematicamente diverse dalla rimanente (esposizione al sole, etc.).

Si dovrà rispettare la posizione dei punti di appoggio come da progetto, per non indurre o favorire deformazioni lente e/o una variazione dimensionale tale da pregiudicare il montaggio stesso e/o un rilassamento dei cavi di precompressione non ammissibile.

Dovranno essere utilizzati appoggi che riducano al minimo le tensioni interne per dilatazione o ritiro. Dovranno essere indicati il tempo minimo e massimo di stoccaggio.

Ciascun elemento dovrà essere contrassegnato almeno come prescritto al par. 4.2.2 del D.M. 03.12.87 salvo i maggiori dati richiesti per manufatti in c.a.p. riportate nello specifico paragrafo della presente Sezione.

14.8 Trasporto

Modalità e tempi del trasporto dei prefabbricati dovranno essere tali da evitare danneggiamenti agli stessi. Per il calcolo delle sollecitazioni, ove non più precisamente determinato, si assumerà una azione dovuta al peso proprio maggiorato del 30% per trasporto su strada e del 20% per trasporto in area di cantiere.

Si dovranno tenere nel dovuto conto, nel caso del trasporto su strada, delle azioni indotte dalla frenatura e dalla azione centrifuga.

Nel caso di trasporto su parti di opera in costruzione dovrà essere accuratamente predeterminata la fascia di transito e le azioni volte ad impedire la fuoriuscita da tale fascia.

14.9 Montaggio

E' inteso che l'Appaltatore è il solo responsabile di tutte le movimentazioni di prefabbricati che interessino l'opera, entro e fuori dell'area di cantiere. Il Tecnico Direttore di Cantiere sarà garante di ogni operazione, anche di quelle qui non specificamente descritte, ma comunque dallo stesso giudicate necessarie e/o opportune ai fini dei montaggi.

L'Appaltatore dovrà descrivere chiaramente le misure di sicurezza che intende adottare, garantendo la stabilità delle strutture in ogni singola fase. Dimensionamento ed esecuzione degli appoggi dovranno rispettare il contenuto dei fogli esecutivi e le prescrizioni tecniche della Direzione Lavori.

L'Appaltatore porterà le istruzioni suddette a conoscenza dei lavoratori di Cantiere e dei Tecnici della Committente, provvedendo a delimitare le aree interessate dai montaggi, sgombrandole da ogni materiale estraneo alle operazioni di montaggio, costipando e livellando il piano di movimentazione.

Quando, nel corso del montaggio, venissero riscontrate anomalie nelle strutture rispetto alle indicazioni di progetto, le operazioni devono essere sospese sino a quando non saranno attuati i conseguenti provvedimenti correttivi da concordarsi con la Direzione Lavori.

Gli elementi prefabbricati devono essere provvisti di mezzi adeguati a consentirne una sicura imbragatura agli apparecchi di sollevamento, assicurando sempre la stabilità del carico, specie durante la fase di sganciamento.

Ponti mobili o cassature metalliche munite di balconcino assicureranno l'incolumità degli operai durante il montaggio e/o il getto delle parti situate a grande altezza da terra, con predisposizioni per l'aggancio e lo scorrimento delle cinture di sicurezza.

Le aperture esistenti nei pannelli (lucernari e simili) devono essere protette con solidi ripari.

Le operazioni di posizionamento e montaggio devono essere dettagliatamente descritte nel piano di montaggio e varo, che dovrà specificare le tolleranze ammesse nel posizionamento, ove già non previste in fase progettuale.

Nel caso di travi prefabbricate di lunghezza L, salvo più restrittive specifiche progettuali, andranno rispettati i seguenti limiti (S = scarto ammissibile):

- posizionamento appoggi nel senso longitudinale:
 - o $S = \pm L/2000$ con un massimo di ± 1 cm
- posizionamento appoggi nel senso trasversale:
 - o $S \leq 1$ cm
- posizionamento altimetrico appoggi:
 - o assoluto: $S \leq 0.5$ cm
 - o relativo tra appoggi di una stessa travata su una pila: $S \leq 1$ mm
- parallelismo piani di appoggio travi pulvino:
 - o $S = \pm 0.003$ rad

Qualora le travi vengano poste su appoggi provvisori per essere trasferite su quelli definitivi dopo aver effettuato i collegamenti trasversali, andranno valutate le sollecitazioni dovute alle tolleranze di posizionamento precedentemente indicate.

14.10 Messa in tensione di cavi di precompressione

Nel caso di strutture prefabbricate in c.a.p., la messa in tensione delle armature dovrà avvenire per mezzo di apparecchiature già qualificate e corredate di certificazioni di taratura del dispositivo completo (martinetto+centralina); si dovranno utilizzare martinetti monotrefolo dotati di dispositivo che impedisce la rotazione del trefolo durante le fasi di tesatura.

L'Appaltatore prima delle operazioni di messa in tensione dovrà redigere un progetto dettagliato delle modalità di applicazione della precompressione ed inviarlo, per informazione, alla Direzione Lavori.

Durante le operazioni di tesatura ed eventuali ritesature delle tensioni, si dovranno registrare in un apposito modello:

- i tassi di precompressione
- gli allungamenti totali o parziali di ogni cavo

Il modello, una volta compilato, sarà inserito nel dossier di controllo del manufatto.

15. CONTROLLI DI QUALITA'

15.1 Generalità

Oltre a quanto già riportato nell'equivalente paragrafo della Sezione 6A, si evidenzia che i controlli di qualità dei manufatti prefabbricati dovranno essere conformi alle prescrizioni del D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 05/11/1971 n. 1086" e del D.M.n° 39 del 3/12/1987 "Norme Tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate" e successivi aggiornamenti.

15.2 Qualifica del laboratorio prove

Si veda l'equivalente paragrafo della Sezione 6A.

15.3 Qualifica delle materie prime

Si veda l'equivalente paragrafo della Sezione 6A.

15.4 Qualifica delle miscele

Si veda l'equivalente paragrafo della Sezione 6A.

15.5 Controlli in corso d'opera

Si veda l'equivalente paragrafo della Sezione 6A.

15.6 Verifica presso lo stabilimento o impianto di produzione

Dovranno essere verificate in particolare:

- a) le attrezzature da impiegare nella prefabbricazione, quali impianti di betonaggio, casseforme, piani vibranti, aree di produzione e di stoccaggio, modalità di protezione e trasporto, etc.;
- b) le modalità esecutive, quali tempi e modi di produzione, metodi di vibrazione e metodi di stagionatura;
- c) il laboratorio interno per le prove sui materiali;
- d) le attrezzature per il controllo dei cicli termici durante la stagionatura;
- e) le materie prime utilizzate nel ciclo produttivo.

Sulla base della documentazione di cui sopra, di ulteriori informazioni eventualmente richieste e dell'esito della visita verrà riconosciuta l'idoneità dell'impianto alla produzione.

La Direzione Lavori potrà rifiutare o sospendere la fornitura dei manufatti in caso di esito negativo delle suddette verifiche.

15.7 Controlli dimensionali di manufatti

Questi controlli vanno eseguiti sul luogo di produzione degli elementi prefabbricati prima delle operazioni di montaggio.

15.8 Controlli aggiuntivi sugli elementi prefabbricati

Per gli elementi prefabbricati con funzioni portanti potranno essere ordinate prove di carico anche per sovraccarichi superiori a quelli prescritti, spingendo l'elemento (o gli elementi) strutturale(i) sino a collasso.

Nell'ambito dei controlli che l'Appaltatore dovrà eseguire su eventuale ordine della Direzione Lavori e/o Collaudatore Statico, si intendono comprese le ricerche atte ad accertare (oltre alle normali caratteristiche di resistenza meccanica dei materiali):

- la resistenza ad urto, fatica, abrasione;
- la determinazione del Modulo Elastico all'origine e della forma del diagramma (σ - ϵ) e deformazione ultima σ_u -duttilità;
- aderenza, ritiro, viscosità, coefficiente di dilatazione termica;
- calore di idratazione e resistenza al fuoco;
- porosità ed impermeabilità;
- conducibilità termica;
- durabilità (capacità a conservare inalterate le caratteristiche meccaniche);
- omogeneità.

Tali prove dovranno essere effettuate con frequenze e modalità indicate nelle normative tecniche vigenti, tra le quali si citano la UNI ISO 4184:1990, la UNI 9252:2001, la UNI 9526/89 e la UNI EN 206.

15.9 Prove di carico

Si veda l'equivalente paragrafo della Sezione 6A.

SEZIONE 6C – OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO PROIETTATO

16. DEFINIZIONI

Le seguenti prescrizioni sono da applicarsi alla produzione, messa in opera e controllo di calcestruzzo proiettato, da utilizzarsi per il rivestimento provvisorio o definitivo delle pareti di scavo delle gallerie e dei pozzi. Tali prescrizioni sono da considerarsi aggiuntive rispetto quanto già contenuto nel Capitolato Speciale di Appalto – parte B, sezione 6: opere di calcestruzzo.

16.1 Normativa di riferimento

Oltre a quanto già indicato nella sezione 6, per quanto qui o nel Capitolato non compreso, si dovrà fare riferimento alla UNI 10834 "Calcestruzzo proiettato" e alle Linee Guida del Ministero dei LL.PP. sul calcestruzzo strutturale (Settembre 2017).

17. NORME DI MISURAZIONE

La misurazione delle opere di conglomerato cementizio proiettato ai fini di applicazione delle corrispondenti voci di prezzo è eseguita a metro quadrato per centimetro di spessore.

Nei prezzi di realizzazione delle opere in conglomerato cementizio proiettato si intendono compensati tutti gli oneri principali ed accessori quali:

- La predisposizione dei luoghi di lavoro
- L'esecuzione del conglomerato cementizio proiettato lanciato a pressione
- La posa in opera dell'armatura metallica, la cui fornitura è da compensarsi a parte
- L'eventuale impiego di fibre metalliche o sintetiche, la cui fornitura è da compensarsi a parte
- Quant'altro previsto nella presente specifica come lavorazione annessa alla realizzazione del conglomerato cementizio proiettato.

La misurazione delle armature metalliche (costituite da reti o fibre) e delle fibre sintetiche, ai fini di applicazione delle corrispondenti voci di prezzo, è eseguita a chilogrammo di acciaio confezionato.

18. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Vale quanto riportato in 6A della presente Sezione di CSA – Parte B. salvo le specifiche prescrizioni di seguito riportate.

18.1 Campo prova

Sulla miscela teorica approvata deve essere condotta una sperimentazione, su campo-prova, in condizioni analoghe a quelle della prevista applicazione.

La sperimentazione, note le caratteristiche richieste dal progetto, deve essere volta a definire la miscela ottimale, a tarare le modalità di proiezione ed a definire le caratteristiche ed i dosaggi ottimali di aggiunte e additivi.

Per quanto riguarda la verifica della resistenza alla compressione, si utilizzerà il metodo della penetrazione dei chiodi con almeno una terna di chiodi a ciascuna delle stagionature a 12 e 24 ore e mediante l'estrazione di almeno una terna di carote alle stagionature di 7 e 28 giorni. Ove non si abbia una correlazione tra la penetrazione dei chiodi e la resistenza alla compressione, basata su valori storici ottenuti per la stessa miscela, si eseguiranno le prove di penetrazione anche su almeno una terna di chiodi per ciascuna delle stagionature a 7 e 28 giorni. L'insieme delle prove qui descritto deve essere eseguito sia in situ che su cassette.

Le doppie terne di carote estratte da cassetta devono consentire di prelevare una terna nel senso corrispondente a quello di proiezione ed una terna nel senso ortogonale alla proiezione stessa.

18.2 Programmazione dei getti

L'Appaltatore è tenuto a presentare, ogni giorno, alla Direzione Lavori il dettagliato programma dei getti del giorno successivo indicando:

- punto e/o la parte d'opera;
- volume di calcestruzzo che prevede di proiettare;
- l'impianti (o impianti) di confezionamento.

19. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

Vale quanto riportato 6A della presente Sezione di CSA – Parte B.

20. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I materiali utilizzati per la costruzione oggetto del presente capitolato debbono rispondere ai requisiti di seguito esposti.

20.1 Cemento

Il cemento utilizzato dovrà rispondere alle prescrizioni della Norma EN 197-1 e sarà preferibilmente di tipo III o IV di classe 42,5-R. In alternativa potrà venire utilizzato un diverso cemento tra quelli previsti in Capitolato.

20.2 Aggregati

Gli aggregati devono rispondere ai requisiti della classe A della Norma UNI 8520-2. e dovranno essere provvisti di Marcatura CE con sistema di attestazione 2+.

Nel caso il produttore del calcestruzzo proiettato utilizzi aggregati autoprodotti, in assenza di marcatura CE dovrà comunque presentare copia di documenti di prova corrispondenti a quanto previsto dalla UNI EN 12620.

La dimensione massima dei granuli dovrà essere compresa tra 10 e 15 mm. Essi dovranno essere costituiti da almeno due classi granulometriche separate in caso di diametro massimo pari a 10 mm e da almeno tre classi granulometriche separate in caso di diametro massimo compreso tra 10 e 15 mm.

I fusi granulometrici consigliati per aggregati aventi D_{max} 10, 12.5 e 15 mm sono riportati nella Tabella seguente.

Tabella 20.1: Fusi granulometrici per D_{max} 10; 12.5 e 15 mm

diametro (mm)	percentuali passanti		
	D 10	D 12,5	D 15
15	100	100	97-100
12,5	100	97-100	94±3
10	97-100	92±3	89±3
8	92±3	86±3	82±3
4	74±3	70±3	67±3
2	56±3	52±3	50±3
1	41±3	38±3	37±3
0.5	28±3	26±3	25±3
0.25	15±2	15±2	15±2

20.3 Acqua

L'acqua d'impasto dovrà avere le stesse caratteristiche previste in Capitolato per i calcestruzzi ordinari.

20.4 Additivi

20.4.1 Superfluidificanti

L'additivo superfluidificante, da impiegarsi necessariamente, deve essere conforme alle prescrizioni delle Norme UNI EN 934-2. Esso sarà specificamente formulato per ridurre il rapporto acqua/cemento e migliorare la pompabilità del calcestruzzo. La sua formulazione sarà a base di polimeri acrilici, non solfonati, e sarà totalmente privo di formaldeide. Una dichiarazione/documentazione tecnica in tal senso del suo produttore verrà consegnata in copia alla Direzione Lavori.

L'additivo superfluidificante, comparato ad un calcestruzzo di riferimento che ne sia privo, confezionato con lo stesso cemento di cui si preveda l'impiego per il calcestruzzo spruzzato, dovrà rispondere ai requisiti minimi di Tabella 20.2.

Tabella 20.3: Requisiti dell'additivo superfluidificante

Prescrizioni	cls	dos. add.vo
	riferimento	1% in peso
rapporto acqua/cemento	0,60	0,45
riduzione d'acqua a parità di slump	-	20%
abbassamento al cono iniziale	20	20
abbassamento al cono dopo 30'	-	19
abbassamento al cono dopo 60'	-	16
resistenza a compressionione (%) a 1 gg	100	200
resistenza a compressionione (%) a 7 gg	100	180
resistenza a compressionione (%) a 28 gg	100	160

20.4.2 Accelerante di presa

L'additivo accelerante, da impiegarsi necessariamente, deve essere conforme alle prescrizioni delle Norme UNI EN 934-2.

Gli additivi acceleranti, allo stato solido o liquido hanno la funzione di addensare la miscela umida fresca e portare ad un rapido sviluppo delle resistenze meccaniche. Una delle funzioni dell'additivo accelerante è di conferire al calcestruzzo proiettato capacità autoportante.

Gli acceleranti, da impiegare con dosaggio non maggiore di 12% in massa sulla massa del cemento, dovranno garantire:

- il soddisfacimento delle prescrizioni progettuali relative alle prestazioni fisico-meccaniche del calcestruzzo proiettato;
- la resistenza a compressione, a 28 giorni, superiore o uguale alla minima richiesta dal progetto o dal capitolato.
- per lo spritz temporaneo, l'eventuale calo di resistenza indotto dall'additivo non deve pregiudicare il mantenimento delle prescritte resistenze minime a compressione anche dopo 180 giorni dalla proiezione;
- per gli spritz strutturali non devono essere presenti effetti di riduzione della resistenza dovuta all'additivo nel tempo;
- il rispetto delle leggi vigenti in materia di igiene e sicurezza sul luogo di lavoro e di inquinamento ambientale;
- una bassa percentuale di eluati nelle acque di percolazione per evitare l'intasamento dei sistemi drenanti in galleria.

L'efficacia e il dosaggio di questi additivi dovranno essere determinati mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

Al fine di evitare ogni rischio di rilasciare nei terreni sostanze alcaline ed assicurare comunque: un rapido sviluppo delle resistenze, impermeabilità e durabilità, l'accelerante di presa deve essere privo di alcali (alkali-free) con un contenuto di $\text{Na}_2\text{O} + 0,64 \text{ K}_2\text{O}$ equivalente o minore dell'1% in massa. È fatto pertanto divieto di impiegare acceleranti a base di silicati.

Per ciascun additivo dovrà essere disponibile una scheda tecnica e una scheda di sicurezza, quest'ultima redatta in conformità alle prescrizioni della Direttiva CEE 91/155.

Gli acceleranti non dovranno contenere più dell'1% di solfati (espressi come SO_3) sulla massa del cemento, mentre la quantità totale di solfati nella massa del calcestruzzo (come SO_3) dovrà essere minore di 4,5%;

Nei calcestruzzi proiettati esposti ad attacco solfatico invece, la quantità totale di alluminati contenuti negli additivi acceleranti di presa (espressi come Al_2O_3) dovrà essere minore dello 0,6% in massa del contenuto di cemento.

Nel caso di acceleranti privi di alcali tale limite può essere incrementato all' 1%.

20.4.3 Autostagionante

E' richiesto l'impiego di un additivo "autostagionante".

20.4.4 Additivo per la proiezione

Deve essere conforme alle prescrizioni della Norma prEN 934-5.

20.4.5 Coesivizzante

Allo scopo di far rapprendere la miscela fresca in modo che il calcestruzzo proiettato possa autosostenersi, anche con elevato spessore, può esser previsto l'impiego di uno specifico additivo coesivizzante.

20.4.6 Altri eventuali additivi

Se si prevede l'utilizzo di additivi particolari quali inibitori temporanei di presa o coadiuvanti di pompaggio non contemplati nelle norme UNI di riferimento, la loro efficacia e dosaggio dovranno essere determinati mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

20.5 Aggiunte

E' richiesto l'impiego di fumo di silice, rispondente ai requisiti della prEN13263.

20.6 Armature metalliche

Si faccia riferimento a quanto prescritto su tale tema nella sezione 6 dei calcestruzzi ordinari.

20.7 Fibre sintetiche

Al fine di aumentare la coesione del materiale proiettato e di ridurre la formazione delle fessure, è richiesto l'impiego di fibre sintetiche.

La fibra in materiale sintetico ad alta massa molecolare, ricavata da un film fibrillato, dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- - spessore: minore di 80 micron;
- - lunghezza: compresa tra 6 e 18 mm;
- - tenacità: non minore di 500 N/mm²;
- - modulo elastico: non minore di 14000 N/mm².

Su ogni singola confezione (sacchetto, scatola, sacco) dovrà essere stampigliata la sigla commerciale, la massa contenuta, la data e il luogo di produzione e il riconoscimento della partita al fine di individuare univocamente il materiale.

20.8 Caratteristiche della miscela base

20.8.1 Composizione della miscela

L'Appaltatore, coerentemente a quanto previsto nel Capitolato, è tenuto a valutare le prescrizioni del progetto e le presenti specifiche, quindi ad eseguire lo studio di una miscela teorica che sottoporrà all'approvazione della Direzione Lavori. Con la miscela teorica approvata saranno eseguite le prove preliminari di cui ai successivi capitoli. Una volta che la Direzione avrà definitivamente approvato la miscela sulla base dei risultati così ottenuti, la miscela stessa costituirà la "miscela base" da impiegarsi per la realizzazione dell'opera.

Lo studio della miscela base del calcestruzzo proiettato dovrà tener conto delle prestazioni richieste e delle condizioni ambientali di esercizio.

La composizione della miscela base dovrà rispondere alle prescrizioni della Norma UNI EN 206 con particolare riferimento a:

- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- classe di esposizione;
- diametro massimo degli aggregati;
- classe di consistenza (solo nel caso di proiezione per via umida)
- verifica della classe di resistenza.

I limiti di composizione entro cui sviluppare la miscela base sono forniti dalla Tabella 20.4.

Tabella 20.5: Limiti di composizione della miscela base

	u.m.	minimo	massimo
contenuto di cemento 42,5	Kg/m ³	430	500
rapporto acqua/cemento	-	-	0,48
superfluidificante acrilico	% su peso cemento (*)	1%	1,3%
accelerante alkali-free	% su peso cemento	5%	8%
autostagionante	Secondo prescrizioni del suo produttore		
altri additivi	Secondo valutazioni dell'Appaltatore		
fumo di silice (silica fume)	Kg/m ³	20	-
fibre polipropileniche	Kg/m ³	2	3
fibre metalliche (**)	Kg/m ³	-	40
D _{max} dell'aggregato	mm	10	15
slump alla confezione	mm	200	240
slump dopo 30 minuti	mm	170	-
(*) salvo che per diverso dosaggio indicato dal suo produttore			
(**) qualora previste in progetto			

La composizione della miscela base dovrà inoltre garantire che il materiale in opera rispetti anche le seguenti prescrizioni:

- nel caso del calcestruzzo proiettato con miscela a secco il rapporto in massa Aggregato / Cemento dovrà essere minore di 6;
- Nel calcolo del rapporto A/C, dovrà essere tenuta in conto la quantità di additivo che supera 3 l/m³ di calcestruzzo (Norma UNI EN 206);
- lo sviluppo della resistenza a compressione dovrà essere compatibile con le sollecitazioni previste nel Progetto e con i valori caratteristici indicati in Tabella 19.4.

Tabella 20.6: Valori caratteristici (soglia 5%) a compressione

tempo dalla proiezione	N/mm ²
12 h	5
24 h	10
7 gg	23
28 gg	30

21. MODALITÀ DI ESECUZIONE

21.1 Confezione della miscela nel processo per via secca.

I costituenti della miscela base (cemento, aggregati, aggiunte, eventuali additivi e fibre), non ancora in grado di interagire, dovranno essere mescolati per il tempo sufficiente a fornire una miscela omogenea.

Dovrà essere assicurata la migliore omogeneità di mescolazione di tutti i componenti e delle fibre in particolare.

La temperatura della miscela base, prima del suo impiego, dovrà essere compresa tra 5 e 35°C.

Non è consentita la posa in opera del calcestruzzo proiettato a temperature minori di 5°C.

Al fine di assicurare un buon controllo del rapporto acqua/cemento e della consistenza, l'umidità della sabbia non dovrà superare il 6%.

Nel caso di fornitura di premiscelati, dovrà essere assicurata la loro omogeneità all'ingresso della pompa di proiezione; inoltre, i materiali dovranno essere immagazzinati in sili chiusi ed impermeabili, per un periodo non maggiore di due mesi.

Nel caso di utilizzo di cementi a presa rapida e ultrarapida, l'umidità della sabbia non dovrà superare il valore del 4%.

Dai sopra citati limiti di umidità delle sabbie, si può derogare se i dati storici di impianto, comparati a quelli di laboratorio, sono in grado di dimostrare che le sonde di rilevazione delle umidità delle sabbie determinano questo parametro con una tolleranza massima del ± 0,5%.

Nel caso di premiscelati, l'umidità degli aggregati, prima della miscelazione, non dovrà essere maggiore dello 0,2%.

In ogni caso deve essere utilizzato un mescolatore fisso di impianto che assicuri la migliore omogeneità di tutti i componenti e, contemporaneamente, riduca le emissioni di polveri.

21.2 Confezione della miscela nel processo per via umida

I costituenti per la realizzazione della miscela base (cemento, aggregati, aggiunte, acqua, additivi e fibre), dovranno essere mescolati per il tempo sufficiente a fornire una miscela omogenea secondo le prescrizioni della Norma UNI EN 206.

L'aggiunta di fibre dovrà essere effettuata in modo da assicurare una distribuzione omogenea nella massa di calcestruzzo.

La temperatura della miscela base prima dell'impiego non dovrà essere minore di $5 \pm 2^\circ\text{C}$ né maggiore di $35 \pm 2^\circ\text{C}$.

Non dovrà essere consentita la posa in opera del calcestruzzo proiettato a temperature minori di $5 \pm 2^\circ\text{C}$.

21.3 Trasporto

Il trasporto della miscela alla pompa di proiezione dovrà avvenire con mezzi che evitino la segregazione dei costituenti.

21.4 Attrezzature per la posa in opera

21.4.1 Processo per via secca

Pompa

La portata e la pressione dell'aria e la velocità di rotazione del rotore della pompa dovranno essere regolabili in funzione della produzione oraria, della lunghezza e del diametro della tubazione.

Tutto il macchinario dovrà essere a tenuta onde ottenere un getto continuo, senza intermittenze con limitata dispersione di polveri nell'ambiente secondo la normativa vigente.

Si noti quanto segue:

- Indicativamente per raggiungere la massima adesione e compattazione, la portata dell'aria dovrà risultare compresa tra 7 e 30 m³ /minuto in funzione del diametro e lunghezza della tubazione impiegata, e la pressione, misurata nel punto di immissione dell'aria, dovrà risultare compresa tra 350 e 750 kPa.
- Nel caso di prodotti premiscelati la proiezione potrà avvenire con sistemi che non utilizzano la pompa ma una speciale coclea, che regola la quantità del materiale, in pressione nel silo o nel silo conico autocarrato.

Lancia

La lancia dovrà essere realizzata in maniera da garantire la miscelazione dell'acqua e degli eventuali additivi per la proiezione con gli altri costituenti.

Dosatore dell'additivo per la proiezione

Qualora l'additivo non sia stato aggiunto nella fase di preparazione della miscela, il dosatore dell'additivo per la proiezione dovrà essere dotato di un sistema di dosaggio proporzionale alla quantità di miscela pompata e dovrà garantire l'immissione dell'additivo stesso nella lancia o nella tubazione.

I dosatori dovranno garantire la quantità dell'additivo, ammettendo un'oscillazione massima del 10% sul totale del dosaggio stabilito.

Acqua

L'acqua dovrà essere immessa alla lancia in quantità costante e dovrà essere garantito il rapporto acqua-legante prescritto. La pressione dell'acqua alla lancia dovrà essere maggiore di 300 kPa e la temperatura della miscela proiettata dopo l'immissione dell'acqua dovrà essere compresa entro i limiti indicati nei paragrafi precedenti.

Nel caso di utilizzo di cementi a presa rapida e ultrarapida, di cui alla nota del precedente punto 4.1, l'umidità della sabbia (0/4 mm) non dovrà superare il $3,5 \pm 0,5\%$. Nel caso di premiscelati l'umidità degli aggregati, prima della miscelazione, non dovrà essere maggiore di 0,2 %. Dovrà inoltre essere utilizzato un

premiscelatore per l'abbattimento delle polveri e per favorire, come la lancia, la miscelazione dell'acqua con gli altri costituenti.

21.4.2 Processo per via umida

Pompa per calcestruzzo

È consentito qualunque tipo di pompa purché in grado di garantire un flusso costante di materiale senza intermittenze apprezzabili o che provochino segregazione durante la proiezione. La proiezione della miscela attraverso la lancia dovrà essere ottenuta mediante impiego di aria compressa tale da garantire la proiezione con un getto concentrato, fino alla distanza di 1,5 m dalla lancia.

Indicativamente, per raggiungere la massima adesione e compattazione, la portata dell'aria dovrà essere compresa tra 12 e 30 m³/minuto in funzione del diametro della tubazione impiegata e la pressione, misurata nel punto d'immissione dell'aria, dovrà risultare compresa tra 500 e 700 kPa.

Lancia

La lancia dovrà essere realizzata in maniera da garantire la miscelazione dell'additivo con gli altri costituenti e dotata preferibilmente di movimento "a pennello".

Dosatore dell'additivo per la proiezione

Il dosatore dell'additivo dovrà essere dotato di un sistema di dosaggio proporzionale alla quantità di miscela pompata e dovrà garantire l'immissione dell'additivo stesso nella lancia o nella tubazione.

I dosatori dovranno garantire la quantità richiesta dell'additivo, ammettendo una oscillazione massima del 10% sul totale del dosaggio stabilito.

21.5 Modi per la proiezione

Di norma dovrà essere utilizzata la proiezione per via umida. Quella per via secca potrà essere impiegata solo dietro esplicita autorizzazione della Direzione Lavori per opere all'esterno e nel rispetto delle norme sulla sicurezza del lavoro, eventualmente anche con l'impiego di prodotti antipolvere.

21.5.1 Preparazione della superficie d'applicazione

Prima dell'applicazione la superficie dovrà essere preparata eseguendo i seguenti lavori preliminari:

- rimozione di blocchi instabili o materiale incoerente;
- rimozione dello strato incoerente o fortemente degradato;
- preumidificazione della superficie;
- captazione e/o controllo preventivo delle venute d'acqua.

21.5.2 Posizionamento dell'armatura e inserti

Le eventuali reti d'armatura dovranno essere posate e fissate in modo da consentire il loro corretto ricoprimento e impedire la formazione di vuoti a tergo.

Le reti d'armatura dovranno essere fissate con almeno 3 chiodi/m², su un primo strato di conglomerato proiettato dello spessore di almeno 2±3 centimetri, per evitare movimenti o distacchi durante la successiva proiezione.

Qualora il progetto preveda uno spessore di calcestruzzo proiettato maggiore di 15 centimetri o le condizioni operative producano spessori maggiori di 15 cm, dovrà essere prevista una seconda armatura da fissare con almeno 3 chiodi/m², sul doppio strato già in opera, in modo tale da garantire un copriferro finale di almeno 4 centimetri.

Nel caso d'impiego di reti di armatura disposte in più strati, la distanza fra gli strati dovrà essere compresa fra 30 e 50 mm in relazione al diametro massimo degli aggregati. La distanza fra le reti dovrà essere assicurata da idonei distanziatori in numero adeguato o mediante pre-sagomature delle reti stesse.

Gli inserti quali, ad esempio, canalette di drenaggio, casseforme a perdere ed altri dispositivi che debbano essere inglobati nel calcestruzzo, dovranno essere saldamente fissati e lo spessore del loro ricoprimento dovrà superare i 4 cm.

21.5.3 Proiezione

La proiezione dovrà assicurare la massima compattazione ed adesione al supporto mediante una adeguata velocità di uscita della miscela stessa in relazione alla distanza della lancia dal supporto stesso.

La distanza fra la lancia e la superficie da trattare dovrà essere compresa tra 0,5 e 1,5 metri.

La proiezione dovrà avvenire dal basso verso l'alto per passate successive e la lancia dovrà essere mantenuta quanto più possibile perpendicolare alla superficie.

La posa in opera influisce sulla qualità del calcestruzzo proiettato. L'addetto alla lancia deve possedere un'adeguata conoscenza del calcestruzzo proiettato acquisita a seguito di corsi di formazione riguardanti la tecnologia del calcestruzzo proiettato, la sicurezza nei sistemi di scavo, la manutenzione attrezzature ecc.; nonché un addestramento pratico sull'impiego di attrezzature di proiezione.

21.6 Finitura della superficie

Il controllo della finitura è indispensabile per garantire il necessario copriferro, l'uniformità dello spessore e un regolare supporto all'eventuale impermeabilizzazione.

La finitura della superficie del calcestruzzo proiettato, nel caso di superficie a vista o di supporto all'impermeabilizzazione, dovrà essere tale che il rapporto tra il diametro (anche equivalente) della singola irregolarità e la sua profondità/sporgenza non sia maggiore di 0.10. Tutti gli eventuali spigoli dovranno essere arrotondati con raggio maggiore di 0.30 m.

L'eventuale finitura della superficie dovrà essere eseguita immediatamente dopo il completamento dello strato. Nel caso l'opera richieda l'esecuzione di giunti di costruzione, questi dovranno risultare ortogonali alla superficie del supporto e dovranno essere realizzati sino a una profondità non minore di un terzo dello spessore dello strato.

21.7 Stagionatura e protezione

Per la stagionatura e la protezione del calcestruzzo proiettato si dovrà fare riferimento alla Norma UNI EN 206. Un'adeguata stagionatura protetta è necessaria:

- nei lavori all'aperto;
- in caso di riparazione di murature;
- nel rinforzo di vecchie strutture;
- quando é richiesta una perfetta adesione alla superficie d'applicazione;
- in caso di forte ventilazione.

I prodotti filmogeni stagionanti non potranno essere utilizzati qualora sia prevista l'applicazione di uno strato successivo.

I prodotti filmogeni stagionanti dovranno essere conformi alle Norme UNI da 8656 a 8660. La loro idoneità dovrà essere verificata mediante prove preliminari prima dell'inizio dei lavori.

22. CONTROLLI DI QUALITA'

Vale quanto riportato nella Sezione 6A del presente CSA – Parte B, salvo le ulteriori prescrizioni di seguito riportate.

22.1 Controlli di conformità

I controlli di conformità periodici in corso d'opera servono a verificare la corrispondenza tra le caratteristiche del calcestruzzo proiettato in opera e quelle definite in sede di qualificazione.

I campioni di calcestruzzo dovranno essere scelti casualmente e prelevati secondo UNI 9416.

Il campionamento dovrà essere fatto su ciascuna famiglia di calcestruzzi prodotti in condizioni ritenute uniformi.

In relazione al tipo di impiego cui è destinato il calcestruzzo proiettato, la minima frequenza di campionamento dovrà essere conforme a quanto indicato nella seguente Tabella 21.1, ove non più restrittivamente prescritto dalle Specifiche di progetto.

In corso d'opera, la frequenza scelta, riferita ai metri quadrati applicati o al periodo di tempo preso in considerazione, dovrà essere quella che fornisce il numero più elevato di campioni.

Tabella 22.1: Frequenza dei controlli in corso d'opera in relazione a m² prodotti o al periodo di produzione

PROVA	Permanente Strutturale
Spessore (media di 4 saggi)	500
Contenuto di fibre nel calcestruzzo fresco	2000 1/settimana
Dosaggio dell'additivo per la proiezione	1000 2/mese
Resist. a compress. (stima) del cls giovane	(*)
Resistenza a compressione del cls indurito	500 2/settimana
Contenuto di fibre nel calcestruzzo indurito	500 1/settimana
Penetrazione dell'acqua sotto pressione	(*)
Assorbimento di energia (Tenacità)	(*)

(*) se richiesto e con la frequenza prescritta dal progetto o su richiesta della Direzione Lavori.

22.2 Prove sulla miscela base

22.2.1 Umidità degli aggregati

L'umidità degli aggregati, prelevati all'impianto prima dell'immissione nel mescolatore secondo le modalità previste dalla Norma UNI EN 932-1, dovrà essere determinata secondo le prescrizioni della Norma CNR UNI 10008 .

22.2.2 Consistenza della miscela umida

La consistenza degli impasti dovrà essere determinata mediante misura dell'abbassamento al cono secondo la Norma UNI 9418 o misura dello spandimento secondo la Norma UNI 8020 metodo B.

22.2.3 Contenuto d'aria

Il contenuto di aria occlusa nella miscela umida dovrà essere determinato secondo la Norma UNI 6395.

22.2.4 Massa volumica

La massa volumica della miscela umida dovrà essere determinata secondo la Norma UNI 12350-6.

22.2.5 Dosaggio dei costituenti

La verifica della composizione della miscela base dovrà essere effettuata secondo la Norma UNI 6393.

Nel caso vengano impiegate fibre metalliche, la verifica del loro contenuto dovrà essere effettuata con il procedimento riportato nel seguito.

22.3 Prove e controlli durante la proiezione

22.3.1 Preparazione dei pannelli di prova

Per la preparazione dei pannelli si dovranno utilizzare casseforme di acciaio o di analogo materiale rigido non assorbente.

Le dimensioni minime del fondo della cassaforma dovranno essere di 60x60 cm e l'altezza di almeno 15 cm. L'inclinazione delle pareti laterali dovrà essere di 45° circa. Le casseforme durante la proiezione dovranno essere appoggiate possibilmente sulla parete da rivestire, con inclinazione massima di 20° sulla verticale, e riempite con la medesima attrezzatura, tecnica di proiezione, spessore unitario per passata e distanza di proiezione adottate durante il normale lavoro.

Le casseforme di prova riempite dovranno essere conservate nelle stesse condizioni ambientali delle pareti rivestite e dovranno essere siglate per la successiva identificazione (mix, luogo di proiezione, data, nome dell'operatore).

Le casseforme non dovranno essere movimentate per almeno 16 ore dopo la proiezione e durante il trasporto dovranno essere protette da urti e/o perdite di umidità.

I pannelli, una volta rimossi dalle casseforme, dovranno essere conservati in condizioni normalizzate o nelle stesse condizioni ambientali delle pareti rivestite in relazione agli accordi stabiliti prima dell'inizio dei lavori.

22.3.2 Dosaggio degli additivi per la proiezione

La verifica del dosaggio medio di additivo accelerante in percentuale sulla massa del cemento (D_a), riferito ad un predefinito intervallo di tempo, dovrà essere calcolata sulla base della seguente relazione:

$$D_a = \frac{100 * M_a}{V_c * D_c}$$

dove:

M_a , massa di additivo consumata nell'intervallo di tempo, espresso in [kg];

V_c , volume di calcestruzzo proiettato nell'intervallo di tempo, in [m³];

D_c , dosaggio di cemento nella miscela base, espresso in [kg/m³].

22.3.3 Verifica dello sfrido

Lo sfrido prodotto in un prefissato intervallo di tempo dovrà essere determinato raccogliendo il materiale con teli disposti alla base della superficie di getto. La percentuale di sfrido (S), arrotondata alla prima cifra decimale, dovrà essere calcolata mediante la relazione:

$$S = \frac{100 * R}{M_c}$$

dove:

R , massa del materiale raccolto nell'intervallo di tempo [kg];

M_c , massa del calcestruzzo proiettato nell'intervallo di tempo [kg] determinata:

per pesata del calcestruzzo;

per valutazione a partire dal volume misurato di calcestruzzo messo in opera e rapportato alla sua massa volumica.

22.3.4 Spessore

La determinazione dello spessore dovrà avvenire esclusivamente per misurazione diretta su campioni di calcestruzzo proiettato indurito prelevati per l'effettuazione delle prove o tramite misura entro fori appositamente eseguiti con fioretto o altra idonea attrezzatura.

Nel caso di spessori minori a quelli minimi previsti nel Progetto si dovrà provvedere al ripristino con un ulteriore strato di calcestruzzo proiettato ovvero, nel caso di mancanza di spessore fino al 20% del minimo previsto, verrà applicata una detrazione sia al prezzo del calcestruzzo proiettato che delle eventuali armature metalliche pari al 10%, ogni 5% o frazione di sottospessore.

22.4 Prove sul calcestruzzo proiettato giovane

Tutte le prove indicate a proposito del calcestruzzo proiettato giovane devono essere considerate come indicative e possono essere utilizzate da parte della Direzione Lavori e/o dell'Appaltatore esclusivamente come supporto quando sia necessario prendere decisioni prima del raggiungimento del prescritto tempo di maturazione.

L'evoluzione della resistenza a compressione del calcestruzzo proiettato giovane dovrà essere determinata tramite metodi di prova indiretti. È infatti consigliabile che l'estrazione di carote avvenga solamente quando il materiale ha raggiunto una resistenza di almeno 10 N/mm².

La resistenza del calcestruzzo proiettato alle brevi stagionature potrà essere stimata per correlazione tramite prove di penetrazione con penetrometro modificato e di sparo/estrazione di chiodi (metodi indiretti). Il campo di validità della prova di penetrazione è compreso tra 0 e 1.2 N/mm² mentre quello della prova di sparo/estrazione di chiodi tra 2.0 e 15 N/mm².

Per resistenze superiori a 10 N/mm² si dovranno prelevare campioni per carotaggio o taglio di provini cubici dal pannello e/o parete (metodo diretto).

Tutte le prove indicate a proposito del calcestruzzo proiettato giovane devono essere considerate come indicative e possono essere utilizzate da parte della Direzione Lavori e/o dell'Appaltatore come supporto quando sia necessario prendere decisioni prima del raggiungimento del prescritto tempo di maturazione.

22.4.1 Determinazione della curva di resistenza

La curva di resistenza rappresenta l'andamento delle resistenze meccaniche alla compressione del calcestruzzo proiettato giovane in funzione del tempo, per tempi che vanno da pochi minuti fino a 24 ore.

La resistenza meccanica del calcestruzzo giovane dovrà essere stimata con metodi indiretti fino a resistenze di 10 N/mm²; per resistenze maggiori si dovrà operare su provini cilindrici ottenuti per carotaggio.

I metodi indiretti permettono di stimare la resistenza meccanica a compressione del calcestruzzo proiettato attraverso misure di penetrazione, mediante sparo, ed estrazione di chiodi.

Altri metodi indiretti sono ammessi qualora sia documentata l'esistenza di una correlazione fra i risultati ottenuti applicando i metodi citati che sono da considerare come metodi di riferimento.

22.4.2 Prova di penetrazione con penetrometro Proctor modificato

La resistenza meccanica del calcestruzzo proiettato viene stimata mediante la determinazione della forza necessaria ad introdurre fino alla profondità di 15 ± 2 mm una punta ad ago avente una apertura di $60^\circ \pm 1^\circ$ ed un diametro di $3 \pm 0,1$ mm. Il campo di misura effettivo per resistenze del calcestruzzo proiettato giovane è tra 0.2 e 1.2 N/mm².

L'apparecchio di riferimento è il penetrometro descritto nella Norma UNI 7123 dotato di:

- sonda cilindrica con estremità piatta avente superficie pari a circa 65 mm² ($F \approx 9$ mm)
- punta ad ago diametro di $3 \pm 0,1$ mm con apertura di $60^\circ \pm 1^\circ$.

La sonda cilindrica è utilizzabile per prove di confronto mirate a stimare lo sviluppo della presa. L'impiego di questa sonda non consente la stima delle resistenze.

La prova potrà essere eseguita direttamente sul calcestruzzo posto in opera a condizione che lo spessore dello strato sia maggiore di 50mm.

La punta ad ago è fatta penetrare nel calcestruzzo fino alla profondità di 15mm esercitando una spinta continua; particolare attenzione dovrà essere rivolta a non introdurre la punta in corrispondenza di grossi aggregati.

La misura dovrà essere ripetuta per dieci volte entro 60 secondi; i valori delle singole letture e il valore medio dovranno essere registrati su apposito modulo.

22.4.3 Prova di sparo/estrazione di chiodi

La resistenza meccanica del calcestruzzo proiettato viene stimata mediante la determinazione della forza necessaria ad estrarre chiodi di dimensione e caratteristiche note ed infissi mediante idonea attrezzatura.

La resistenza a compressione del calcestruzzo dovrà essere correlata al rapporto tra la forza di estrazione e la profondità di penetrazione.

Generalmente questa prova può essere adottata nell'intervallo di resistenza compreso tra 2,0 e 15 N/mm².

In assenza di una curva di calibrazione determinata sperimentalmente per la stima della resistenza a compressione (R_{stim}) del calcestruzzo proiettato, si possono utilizzare le seguenti relazioni che correlano il rapporto P_{cor}/l alla resistenza stimata R_{stim} :

- nel caso vengano utilizzati aggregati calcarei con dimensione massima 8 mm: $R_{stim} = (P_{cor}/l + 2.7)/7.69$;
- nel caso vengano utilizzati aggregati calcarei con dimensione massima 16 mm: $R_{stim} = (P_{cor}/l + 0.02)/6.69$
- nel caso vengano utilizzati aggregati silicei con dimensione massima 16 mm: $R_{stim} = (P_{cor}/l - 3.32)/5.13$

Nel caso i valori di resistenza a compressione così determinati siano inferiori a quelli minimi previsti in progetto la Direzione Lavori, dopo aver richiesto la verifica del Progettista sulla stabilità dell'opera, procederà al declassamento di tutto il calcestruzzo proiettato posto in opera compreso tra l'ultima e la successiva prova positiva.

Nel corso delle prove di qualificazione si dovrà verificare l'attendibilità della relazione sopra riportata e delle relative curve di correlazione e nel caso di evidente discordanza si dovrà procedere alla determinazione di nuove curve di correlazione per il mix design in esame.

22.5 Prove sul calcestruzzo proiettato indurito

22.5.1 Resistenza a compressione e massa volumica

La resistenza a compressione, sulle carote prelevate sia dai pannelli di prova che dalla parete, dovrà essere determinata in conformità alla norma UNI 6132.

Le carote da sottoporre a prova di rottura a compressione dopo 1 o 2 giorni dovranno essere prelevate non prima di 20 ore dalla proiezione mentre le altre almeno 48 ore dopo la stessa proiezione.

Lo sviluppo della resistenza a compressione dovrà essere verificato a 1 o 2, 7 e 28 giorni su provini conservati nelle stesse condizioni ambientali della parete.

Ad ogni scadenza dovranno essere provate 5 carote e il valore medio dovrà rispettare il valore determinato in sede di qualificazione.

Le dimensioni e le caratteristiche del pannello di prova dovranno essere tali che la resistenza a compressione dei provini prelevati dalla parete non dovrà scostarsi da quella dei provini ricavati dal pannello di $\pm 10\%$.

Il Direttore dei Lavori potrà richiedere eventuali prove e verifiche aggiuntive.

Nel caso vengano riscontrati dopo 28 giorni dalla proiezione valori di resistenza a compressione inferiori a quelli minimi di progetto la Direzione Lavori provvederà ad indicare i provvedimenti necessari, fino anche alla rimozione del materiale dalla parete ed alla sua sostituzione.

La massa volumica dovrà essere determinata pesando il campione in aria.

La media dei valori della massa volumica dei provini ricavati dalla parete in sito non dovrà essere inferiore al 97% dei valori misurati sui provini ricavati dalla piastra.

22.5.2 Determinazione dell'assorbimento di energia di deformazione

Il metodo è applicabile a calcestruzzi proiettati fibrorinforzati per valutarne la capacità di assorbimento di energia di deformazione mediante prova di punzonamento su piastre di dimensioni normalizzate, secondo quanto previsto dalla Norma UNI EN 12390-4 Modulo di elasticità.

La prova dovrà essere eseguita secondo la Norma UNI EN 12390-13

22.6 Determinazione della resistenza alla penetrazione dell'acqua sotto pressione

La prova dovrà essere eseguita secondo la norma UNI EN 12390-8.

22.7 Resistenza ai cicli di gelo/disgelo

La determinazione della resistenza alla degradazione per cicli di gelo e disgelo dovrà essere eseguita secondo la Norma UNI 7087. In alternativa la prova potrà essere eseguita secondo la procedura della Norma ISO/DIS 4846, che determina la perdita di massa, la profondità di scagliamento e la percentuale della superficie scagliata.

22.8 Determinazione del contenuto di fibre

Il metodo è finalizzato alla determinazione del contenuto ponderale di fibre metalliche nel calcestruzzo proiettato allo stato fresco ed indurito.

22.8.1 Calcestruzzo fresco

Si preleva un campione di calcestruzzo fresco avente una massa di almeno 20 kg, secondo UNI 9416, dopo omogeneizzazione, operando secondo le indicazioni di cui alla UNI 6394 se ne determina la massa volumica P_m [kg/m^3];

Dal campione prelevato si ricava un sottocampione di almeno 5 kg sul quale si determina la massa M_c [kg];

Si versa progressivamente il calcestruzzo sullo staccio da 4mm sovrapposto a quello da 0.125 mm e si procede alla separazione delle parti fini mediante vagliatura a umido;

Si separano e si raccolgono manualmente, utilizzando eventualmente una calamita, le fibre metalliche;

Le fibre metalliche, dopo essere state asciugate e liberate da eventuali residui, vengono pesate, quindi, se ne registra la massa M_f [kg].

22.8.2 Calcestruzzo indurito

Si preleva una massa di circa 5 kg di calcestruzzo proiettato indurito in opera e si procede alla frantumazione del campione fino ad ottenere una pezzatura media dell'ordine del centimetro; si determina e si registra la massa del campione M_c .

Il campione frantumato viene raccolto in un recipiente in grado di resistere alla temperatura di oltre 900°C. Si riscalda quindi il materiale fino a circa 900°C per almeno 3 ore in muffola.

Il materiale prelevato dalla muffola, ancora caldo, dovrà essere raffreddato bruscamente in acqua e quindi posto sugli stacci impilati. Si procede alla vagliatura a umido come descritto per il calcestruzzo fresco (separazione e raccolta delle fibre essiccate, determinazione della loro massa M_c).

In alternativa alla disgregazione in muffola potrà essere adottata la seguente metodologia:

le carote già utilizzate per la determinazione della massa volumica e della resistenza a compressione sono triturate fino all'ottenimento di un detrito avente dimensione massima dei frammenti di ≈ 5 mm. Si determina e si registra la massa del campione così ottenuta (M_c). Sulle fibre metalliche, pulite dai grumi di malta cementizia e raccolte utilizzando una calamita, si determina e si registra la massa (M_f).

22.8.3 Espressione dei risultati

Il dosaggio di fibre D_f [Kg/m^3] arrotondato alla prima cifra decimale verrà valutato mediante la relazione:

$$D_f = \frac{M_f \cdot P_m}{M_c}$$

dove:

M_f = massa delle fibre in [Kg]

M_c = massa del campione di calcestruzzo proiettato in [Kg]

P_m = massa volumica del calcestruzzo proiettato in [Kg/m^3]

D_f (dosaggio delle fibre in Kg/m^3) $M_f \times P_m/M_c$

Per entrambi i metodi di controllo, nel caso di uno scostamento medio in meno del contenuto di fibre rispetto a quello dichiarato, verranno adottati i seguenti provvedimenti contabili:

- scostamento superiore al 10% e inferiore al 30%: il compenso per le fibre verrà ridotto del 20%;
- scostamento superiore al 30%: il calcestruzzo sarà considerato non armato e non verrà corrisposto alcun compenso per le fibre ovvero verrà detratto il corrispettivo per le fibre dal prezzo globale stabilito per il calcestruzzo proiettato.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 7:

PALI E MICROPALI

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. P. De Martini		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023

INDICE

SEZIONE 7A - PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO.....	1
1 DEFINIZIONI.....	1
1.1 Pali infissi gettati in opera	1
1.2 Pali infissi prefabbricati	1
1.3 Pali trivellati.....	1
2 NORME DI MISURAZIONE	1
2.1 Pali infissi gettati in opera	1
2.2 Pali infissi prefabbricati	1
2.3 Pali trivellati.....	2
3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	2
4 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	2
4.1 Soggezioni geotecniche e ambientali	2
4.2 Pali infissi (gettati in opera e prefabbricati)	3
4.3 Pali trivellati.....	3
4.4 Pali trivellati ad elica continua	3
4.5 Prove tecnologiche preliminari.....	3
4.6 Preparazione dei piani di lavoro.....	3
4.7 Tolleranze di costruzione	4
5 MATERIALI	4
5.1 Armature	4
5.2 Rivestimenti metallici	5
5.3 Calcestruzzi.....	5
5.4 Fanghi di perforazione	6
5.4.1 Fanghi bentonitici.....	6
5.4.2 Fanghi biodegradabili	7
6 MODALITÀ DI ESECUZIONE	7
6.1 Pali infissi e gettati in opera	7
6.1.1 Pali infissi con rivestimento definitivo	7
6.1.2 Pali infissi con tubo forma estraibile	9
6.1.3 Pali "Vibro"	10
6.2 Pali infissi prefabbricati	10
6.2.1 Caratteristiche dei pali prefabbricati	10
6.3 Pali trivellati.....	12
6.3.1.1 Pali scavati con rivestimento provvisorio	15
6.3.1.2 Pali trivellati ad elica continua	16
7 CONTROLLI DI QUALITÀ.....	17
7.1 Generalità.....	17
7.2 Controlli di qualità dei fanghi.....	18
7.3 Controlli di qualità dei calcestruzzi	19
7.3.1 Controlli precedenti il getto.....	19
7.3.2 Controlli successivi al getto	19
7.3.2.1 Carotaggi meccanici	19
7.3.2.2 Prove inclinometriche	19
7.3.2.3 Prove di controllo sonico.....	20
7.3.2.4 Prove di ammettenza meccanica	21
7.4 Prove di carico	21
7.4.1 Generalità.....	21
7.4.2 Definizioni	22

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B2
 Sezione n. 7: Pali e Micropali

7.4.3	Normative e specifiche di riferimento.....	22
7.4.4	Numero e ubicazione dei pali di prova	22
7.4.5	Prove di carico assiale	22
7.4.6	Prove di carico laterale	25
7.4.7	Prove di carico su pali strumentati.....	25
SEZIONE 7B - MICROPALI		28
1	DEFINIZIONI.....	28
2	NORME DI MISURAZIONE	28
3	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	29
3.1.1	Tolleranze di costruzione	29
3.1.2	Preparazione del piano di lavoro. Tracciamenti.....	29
3.1.3	Altre prescrizioni ed oneri generali	29
3.1.4	Prove tecnologiche preliminari	30
4	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	31
4.1.1	Soggezioni geotecniche ed ambientali	31
5	MATERIALI	32
5.1.1	Armature.....	32
5.1.1.1	Tubi in acciaio.....	32
5.1.1.2	Profilati in acciaio	32
5.1.1.3	Gabbie	33
5.1.2	Malte e miscele cementizie di iniezione	33
5.1.2.1	Caratteristiche dei componenti	33
5.1.2.2	Cementi.....	33
5.1.2.3	Inerti.....	33
5.1.2.4	Acqua di impasto	33
5.1.2.5	Additivi.....	33
5.1.2.6	Preparazione delle malte e delle miscele cementizie	34
6	MODALITÀ DI ESECUZIONE	35
6.1	Micropali a semplice cementazione	35
6.1.1	Perforazione	35
6.1.2	Allestimento del micropalo	36
6.1.3	Cementazione.....	36
6.1.3.1	Riempimento a gravità	36
6.1.3.2	Riempimento a bassa pressione	36
6.2	Micropali a iniezioni multiple selettive	36
6.2.1	Perforazione	37
6.2.2	Allestimento del micropalo	37
6.2.3	Iniezione	37
6.2.3.1	Formazione della guaina.....	37
6.3	Ombrelli di micropali in galleria	38
6.3.1	Generalità.....	38
6.3.2	Caratteristiche dei micropali.....	39
6.4	Micropali eseguiti con sistemi martelli fondo foro e perforazione rivestite	39
6.4.1	Generalità.....	39
6.4.2	Metodo tipo "Odex" tradizionale.....	40
6.4.3	Metodo tipo "Odex" trascinato (rotaodex).....	40
6.4.4	Metodo tipo "Odex" con due teste di rotazione.....	40
6.4.5	Ombrelli di micropali in galleria eseguiti con metodo tipo "Symmetrix"	40
7	CONTROLLI DI QUALITÀ E CRITERI DI ACCETTAZIONE	41
7.1	Generalità.....	41
7.2	Controlli di qualità delle miscele e delle malte di iniezione	42

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B2

Sezione n. 7: Pali e Micropali

7.3	Prove di carico	42
7.3.1	Generalità.....	42
7.3.2	Definizioni	42
7.3.3	Normative e specifiche di riferimento.....	42
7.3.4	Numero ed ubicazione dei micropali di prova	43
7.3.5	Caratteristiche dei micropali di prova.....	43
7.3.6	Scelta dei carichi di prova	43
7.3.7	Attrezzature e dispositivi di prova.....	43
7.3.8	Preparazione della prova	43
7.3.8.1	Preparazione dei micropali da sottoporre a prova	43
7.3.8.2	Realizzazione del contrasto	43
7.3.8.3	Realizzazione del sistema di misura degli spostamenti	44
7.3.9	Programma di carico	44
7.3.10	Documentazione delle prove.....	45

SEZIONE 7A - PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO

1 DEFINIZIONI

La presente Sezione si riferisce alle seguenti tipologie di pali:

- a Pali infissi gettati in opera.
- b Pali infissi prefabbricati.
- c Pali trivellati (esclusi i micropali, per i quali si veda la Sezione 7B)

1.1 Pali infissi gettati in opera

Si definiscono pali infissi gettati in opera quelli realizzati riempiendo con calcestruzzo lo spazio interno vuoto di un elemento tubolare metallico fatto penetrare nel terreno mediante battitura o per vibrazione, senza asportazione del terreno medesimo.

I pali infissi gettati in opera si distinguono in:

- Pali con rivestimento definitivo in lamiera d'acciaio, corrugata o liscia, chiusi alla base con un fondello d'acciaio. I pali vengono realizzati infiggendo nel terreno il rivestimento tubolare. Dopo l'infissione e la eventuale ispezione interna del rivestimento, il palo viene completato riempiendo il lamierino con calcestruzzo armato.
- Pali realizzati tramite infissione nel terreno di un tubo forma estraibile, in genere chiuso alla base da un fondello a perdere. Terminata l'infissione, il palo viene gettato con calcestruzzo, con o senza la formazione di un bulbo espanso di base. Durante il getto, il tubo-forma viene estratto dal terreno.

1.2 Pali infissi prefabbricati

Si definiscono prefabbricati i seguenti tipi di palo:

- Pali prefabbricati in stabilimento, in calcestruzzo centrifugato ed eventualmente precompresso, di norma a sezione circolare, di forma cilindrica, tronco-conica o cilindro-tronco-conica.
- Pali prefabbricati in cantiere, in calcestruzzo vibrato, di norma a sezione quadrata.

I pali vengono infissi nel terreno tramite battitura o per vibrazione, senza asportazione di terreno, eventualmente con l'ausilio di getti d'acqua in pressione alla punta.

1.3 Pali trivellati

Si definiscono pali trivellati quelli ottenuti per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato. Durante la perforazione la stabilità dello scavo può essere ottenuta con l'ausilio di fanghi bentonitici o altri fluidi stabilizzanti, ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

In particolare, si definiscono pali trivellati ad elica continua i pali realizzati mediante infissione per rotazione di una trivella ad elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatta risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate.

L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo.

2 NORME DI MISURAZIONE

La misurazione dei pali ai fini di applicazione delle corrispondenti voci di prezzo è eseguita a metro lineare di palo realizzato e secondo il diametro di progetto.

2.1 Pali infissi gettati in opera

La misurazione della lunghezza realizzata verrà effettuata computando, a partire dal piano di lavoro, la profondità prevista dal progetto od altra profondità ordinata dalla Direzione Lavori in corso di esecuzione ed effettivamente raggiunta. Sarà computata a parte:

- la porzione di palo infissa ma non seguita da getto.
- l'eventuale lamierino lasciato in opera per indicazioni di progetto.

2.2 Pali infissi prefabbricati

SI veda il paragrafo 2.1: "Norme di misurazione – Pali infissi gettati in opera"

2.3 Pali trivellati

La misurazione della lunghezza realizzata verrà effettuata computando la profondità prevista dal progetto od altra profondità ordinata dalla Direzione Lavori in corso di esecuzione ed effettivamente raggiunta; tale profondità andrà distinta in:

- perforazione seguita da getto, esclusa l'altezza prevista di scapitozzatura, delimitata superiormente dal contatto con l'elemento strutturale contiguo, o testa palo
- perforazione a vuoto, computata dal piano di lavoro sino alla testa palo

La misurazione dei pali trivellati si riferisce alla loro lunghezza utile misurata a partire dal piano inferiore della struttura sovrastante, ritenendosi compresi nel prezzo gli oneri tutti per la preparazione del piano di lavoro e l'esecuzione delle guide in calcestruzzo.

3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Nei prezzi di realizzazione dei pali si intendono compensati tutti gli oneri principali ed accessori quali:

- la predisposizione dei piani di lavoro; il tracciamento ed il picchettamento dei pali
- la preparazione dei fanghi di perforazione, la loro gestione ed il loro dissabbiamento
- l'impiego di lamierino d'acciaio per rivestimento provvisorio superficiale
- la perforazione dei pali ed i controlli in corso di perforazione come di seguito specificati
- il trasporto a discarica dei materiali di risulta con mezzi stagni; gli oneri di discarica
- gli oneri per eventuali rinvenimenti o attraversamenti di manufatti interrati
- i maggiori consumi di fanghi e calcestruzzi per problemi vari, inclusi maggiori quote di getto rispetto a quelle di progetto e gli sfridi
- il rilievo e la registrazione, per tutti i pali battuti, dei parametri necessari per la determinazione della portanza del palo
- ogni onere di perforazione, infissione e getto derivante dall'adozione di spessori di scavo maggiori di quelli di progetto, per mancata disponibilità di utensili di scavo identificanti lo spessore di progetto
- la pulizia del fondo foro dai detriti di perforazione, a perforazione ultimata
- la posa in opera delle armature in presenza di fanghi; la fornitura e la posa dei distanziatori laterali ed inferiori della gabbia
- il getto del calcestruzzo con sistema Contractor in presenza di fanghi
- la scapitozzatura finale e la regolarizzazione delle testate, per l'altezza prevista nel presente capitolato speciale: minimo 50 cm
- i controlli, come specificati di seguito, inclusi carotaggi, prove soniche, inclinometri, prove di carico, eccetera
- quant'altro previsto nella presente specifica come lavorazione annessa alla realizzazione dei pali

L'armatura sarà compensata per kg di gabbia di armatura messa in opera; il peso della gabbia sarà computato dalle tavole di progetto, prendendo in conto tutte le lunghezze di ferro ivi disegnate: eventuali barre aggiuntive, decise dall'Appaltatore per facilitare il trasporto e la posa della gabbia, ricadranno a carico del medesimo Appaltatore.

L'uso dello scalpello, e di speciali utensili da roccia per l'attraversamento di murature, trovanti, strati lapidei e per l'ammorsamento in formazioni rocciose comunque aventi caratteristiche meccaniche compatibili con gli utensili utilizzati, sarà compensato a parte per ora o frazione di ora.

4 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

4.1 Soggezioni geotecniche e ambientali

Al fine di orientare la scelta tecnologica esecutrice, l'Appaltatore è tenuto a conoscere le circostanze geologiche del sito come illustrate nei documenti contrattuali e progettuali; al fine di accertare la eseguibilità dei pali con la propria tecnologia, l'Appaltatore eseguirà ogni accertamento che il medesimo valuterà necessario: approfondimenti geognostici, prove tecnologiche, eccetera.

4.2 Pali infissi (gettati in opera e prefabbricati)

L'infissione dei lamierini o dei pali è fonte di rumori e vibrazioni che possono causare disturbi alle persone e danni alle opere vicine, inclusi i pali di fondazione adiacenti.

L'Appaltatore dovrà sottoporre alla Direzione Lavori un Programma Lavori nel quale viene indicata la successione cronologica prevista per le infissioni, evidenziando le distanze minime dai fabbricati. Dovrà inoltre assicurare il rispetto delle norme UNI 9916-DIN 4150-3 in merito ai limiti delle vibrazioni, sottoponendo alla Direzione Lavori i provvedimenti che intende adottare nel caso del superamento dei limiti stessi.

La Direzione Lavori, a sua discrezione, può richiedere che l'Appaltatore provveda ad eseguire misure di controllo delle vibrazioni indotte, con oneri e spese relative a carico del medesimo Appaltatore.

L'esecuzione di prefori per la riduzione della vibrazione è ammessa, con le limitazioni di cui alle presenti Specifiche Tecniche.

4.3 Pali trivellati

Se considerato necessario dalla Direzione Lavori, in corrispondenza di ciascun palo sarà posto in opera un avanzozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione plano-altimetrica della sommità del palo, di difesa dall'erosione del terreno nelle fasi di immissione e risalita dell'utensile di perforazione ed infine di contenimento della dispersione del fango bentonitico, ove impiegato. La conoscenza delle condizioni idrogeologiche, geotecniche ed ambientali lungo lo sviluppo della linea in progetto consente di escludere la possibilità di eseguire il lavoro mediante perforazione "a secco", cioè senza impiego di fanghi di stabilizzazione delle pareti scavate: in particolare tale esclusione deriva dalle seguenti circostanze:

- presenza di terreni incoerenti
- presenza di falda
- occasionali strette attiguità con i fabbricati esistenti

La perforazione a fango in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini ($D_{10} > 4$ mm), può richiedere l'esecuzione preliminare di bonifiche o intasamenti.

Dovrà essere verificata l'esistenza di eventuali falde in movimento e, nel caso, saranno prese tutte le precauzioni per garantire la stabilità dei fanghi stabilizzanti e dei getti da eseguire.

La distanza minima fra gli assi di due perforazioni attigue in corso, appena ultimate o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire eventuali fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 5 diametri. Qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo, etc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarla solo nell'imminenza del getto.

4.4 Pali trivellati ad elica continua

La tecnica di perforazione è adatta a terreni di consistenza bassa e media, con o senza acqua di falda.

In terreni compressibili, nelle fasi di getto, dovranno essere adottati i necessari accorgimenti atti a ridurre o evitare sbulbature.

4.5 Prove tecnologiche preliminari

La scelta delle attrezzature, dei procedimenti ed i principali dettagli esecutivi per la realizzazione dei pali dovranno essere sottoposti dall'Appaltatore alla Direzione Lavori per la necessaria approvazione.

Qualora l'Appaltatore lo ritenga necessario, o se richiesto dalla Direzione Lavori in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità di tali attrezzature e dei procedimenti sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari; in tali prove rientrano anche eventuali accertamenti geognostici che l'Appaltatore ritenesse dover eseguire per meglio individuare e definire ogni problematica per una migliore impostazione dell'attività da eseguire in relazione alle caratteristiche del terreno: stabilità delle pareti, strati di particolare consistenza, presenza e dimensioni di trovanti, etc.

4.6 Preparazione dei piani di lavoro

Le attrezzature di perforazione e di servizio dovranno operare da un piano di lavoro preventivamente realizzato con una massicciata in misto stabilizzato di spessore almeno pari a 50 cm, con superficie pressoché orizzontale e con pendenza massima ammessa pari allo 1%, adeguatamente compattato in modo

da evitare variazioni d'assetto delle attrezzature durante il loro funzionamento. La capacità portante della piattaforma di lavoro dovrà essere almeno pari a 2 kg/cmq.

La quota dei piani di lavoro dovrà essere posta almeno 1.5 m sopra la massima quota dei livelli piezometrici delle falde acquifere (freatiche e/o artesiane) presenti nel terreno o prevedibili nel periodo di esecuzione dei lavori di scavo dei pali.

Prima di iniziare la perforazione o la battitura l'Appaltatore dovrà indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

In ogni caso l'Appaltatore è tenuto a garantire la conservazione di tali indicazioni, anche con riferimenti esterni. Nel caso di paratie di pali secanti dovranno essere realizzati i cordoli guida in calcestruzzo armato delle dimensioni e della sagoma rappresentati in progetto.

L'Appaltatore è comunque responsabile della idoneità del piano di lavoro predisposto in termini di operatività dei mezzi previsti e di sicurezza di personale addetto e mezzi.

4.7 Tolleranze di costruzione

I pali dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto o richieste dalla Direzione Lavori:

- coordinate planimetriche del centro del palo nel punto di intestazione: ± 5 cm del palo;
- verticalità $\pm 2\%$;
- lunghezza:
 - pali aventi diametro ≤ 600 mm; ± 15 cm
 - pali aventi diametro > 600 mm; ± 25 cm
- diametro finito = $\pm 5\%$;
- quota di testa palo: ± 5 cm
- posizione planimetrica della gabbia rispetto asse perforazione = ± 3 cm
- posizione altimetrica della gabbia rispetto la quota teorica = ± 3 cm

Nel corso di scavo, quando ne sorgesse l'opportunità, ed al termine dello scavo di ogni elemento di palo quando previsto in progetto o richiesto dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore eseguirà il controllo della verticalità dello scavo.

Per le prove di verticalità si dovranno utilizzare inclinometri mono o biassiali, rilevando i parametri relativi, sia nella fase di discesa, sia in quella di risalita degli strumenti utilizzati; gli intervalli tra le letture non dovranno essere superiori a 50 cm. In cantiere dovrà essere disponibile un'ideale attrezzatura che consenta la verifica e l'eventuale taratura degli strumenti utilizzati, che dovrà in ogni caso essere eseguita prima dell'inizio di ogni ciclo di rilevamento.

Il controllo della verticalità dello scavo potrà in alternativa essere eseguito per mezzo di ecometri (Koden). Le modalità d'impiego degli strumenti dovranno essere conformi alle prescrizioni dettate dal costruttore ed opportunamente riportate nel manuale d'uso dello strumento; anche per questo tipo di rilevamento l'intervallo tra le letture eseguite non potrà essere superiore ai 50 cm.

L'Appaltatore potrà proporre all'accettazione della Direzione Lavori metodi alternativi di controllo della verticalità, ad esempio basati sullo scostamento dall'asse teorico di un cavo, sospeso ad una carrucola coassiale al palo a quota piano di lavoro, e portante una sagoma pesante simile a quella di scavo.

L'Appaltatore sarà tenuto ad eseguire a proprio totale onere tutte le opere sostitutive e/o complementari che si rendessero necessarie per rendere piena funzionalità al palo in caso di esecuzione non rientrante nelle tolleranze specificate, secondo le istruzioni impartite dalla Direzione Lavori.

5 MATERIALI

5.1 Armature

Le armature dovranno soddisfare le prescrizioni delle normative indicate nella sezione 6 (opere in calcestruzzo) del presente CSA – Parte B, essere conformi al progetto ed approvate dalla Direzione Lavori.

Le armature metalliche saranno costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei pali saranno costituite da spirali o staffe esterne ai ferri longitudinali e connesse a questi ultimi mediante almeno doppia legatura in filo di ferro.

I pali costruiti in zona sismica dovranno essere armati per tutta la lunghezza.

Le armature verranno pre-assemblate fuori opera in "gabbie", i collegamenti saranno ottenuti con morsetti o con almeno doppia legatura in filo di ferro sulla lunghezza minima di sovrapposizione di 40 diametri; in caso di giunzione mediante saldatura, se autorizzata dalla Direzione Lavori, la stessa dovrà essere eseguita unicamente con tecniche tali da non alterare la resistenza strutturale dell'acciaio.

Le gabbie per i pali ad elica continua, da inserire nel getto di calcestruzzo fresco, dovranno essere di norma in spezzone unico; ferri longitudinali e staffe dovranno essere dimensionati e legati in modo da resistere alle sollecitazioni durante la vibro-infissione; previa approvazione della Direzione Lavori potrà essere consentito l'impiego di staffe costituite da piattine $s = 5$ mm, saldate.

Al fine di irrigidire le gabbie d'armatura dovranno essere predisposte le necessarie staffe di rinforzo distribuite discretamente.

In funzione della tecnica di sollevamento ed assemblaggio che l'Appaltatore adotterà, questi predisporrà a proprio carico appositi ferri di irrigidimento e di supporto atti a sollevare, movimentare e porre in opera le gabbie evitandone eccessive deformazioni.

Non si ammette di norma la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra non dovrà in alcun caso essere inferiore a 8 cm.

Le gabbie d'armatura avranno una lunghezza di almeno 20 cm inferiore a quella dello scavo, per evitarne l'appoggio sul fondo ed il conseguente inarcamento.

Le gabbie d'armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura rispetto le pareti di scavo ed un copriferro netto minimo di 3 cm rispetto al rivestimento definitivo, o di 6 cm rispetto al diametro nominale del foro, nel caso di pali trivellati e salvo diverse prescrizioni progettuali. Per i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%.

I distanziatori saranno posti a gruppi di 3 per sezione, regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 3÷4 m fra sezioni. Ugualmente, per garantire l'isolamento della gabbia dal fondo scavo anche in fase di posa, saranno disposti a piede gabbia distanziatori dei ferri verticali, in numero di almeno 4: ad esempio potranno adottarsi cilindri cementizi superiormente cavi da solidarizzare alle estremità delle barre verticali, tali da garantire un copriferro minimo di 5 cm anche nel caso si sommassero sfavorevolmente le tolleranze di scavo e posa gabbia.

Le gabbie di armatura stoccate in opera dovranno essere chiaramente contrassegnate per individuarne la corretta corrispondenza al palo di appartenenza e, se in spezzoni, la destinazione in profondità.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine: in caso di stoccaggio in cantiere prolungato oltre le 48 ore, l'Appaltatore dovrà prendere le adeguate misure di protezione mediante teli di copertura; in cantiere le gabbie dovranno essere stoccate in maniera da salvaguardarle sia dal contatto con il terreno, sia da fenomeni deformativi.

5.2 Rivestimenti metallici

Le caratteristiche geometriche dei rivestimenti, sia provvisori che definitivi, saranno conformi alle prescrizioni di progetto e sottoposte per approvazione alla Direzione Lavori.

Le caratteristiche meccaniche e di rigidità (spessore ed inerzia) dovranno essere sufficienti a consentire il trasporto, il sollevamento e l'infissione senza che gli stessi subiscano danni, ovalizzazioni etc.

Per i pali battuti, infissi senza alcuna asportazione di terreno, il dimensionamento dei tubi di rivestimento potrà essere fatto con il metodo dell'onda d'urto.

I rivestimenti definitivi dei pali infissi e gettati in opera dovranno avere la base piatta e saldata al fusto in modo da resistere alle sollecitazioni di battitura e di ribattitura, evitare infiltrazioni di acqua e non avere sporgenze esterne.

Nel caso di pali da realizzare in ambienti aggressivi, la superficie esterna del palo dovrà essere rivestita con materiali protettivi adeguati (ad esempio vernici a base di poliuretano-catrame), approvati dalla Direzione Lavori.

5.3 Calcestruzzi

Saranno conformi a quanto prescritto in progetto e nella sezione 6 del presente CSA – Parte B.

5.4 Fanghi di perforazione

Di norma verranno utilizzati in perforazione fanghi bentonitici; l'Appaltatore, a propria scelta ed a proprio costo può proporre l'uso di fanghi non bentonitici (fanghi biodegradabili), in tal caso, oltre alla dovuta certificazione dei prodotti, l'Appaltatore si farà carico di sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori una specifica di uso e di eseguire tutte le necessarie prove di scavo.

5.4.1 Fanghi bentonitici

a) Caratteristiche della bentonite in polvere

La bentonite avrà le caratteristiche indicate di seguito:

- residuo al vaglio da 10.000 maglie/cm ²	≤ 1 %
- tenore di umidità	≈ 15 %
- limite di liquidità	≥ 400 %
- viscosità Marsh della sospensione al 6% in acqua distillata	≥ 40"
- decantazione della sospensione al 6% in 24 ore	≤ 2 %
- acqua separata per pressofiltrazione di 450 cc della sospensione al 6% in 30' a 7 bar	≤ 18 cc
- pH dell'acqua filtrata	7 ≤ pH ≤ 9
- spessore del cake sul filtro della filtro- pressa	≤ 2.5 mm

La scelta del tipo di bentonite, certificata dal fornitore, è assoggettata alla sua affinità con le caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo e dell'acqua di falda.

b) Caratteristiche dei fanghi bentonitici

I fanghi saranno ottenuti per idratazione della bentonite in acqua dolce di cantiere le cui caratteristiche e limiti accettabili di contenuti risponderanno ai seguenti valori :

Contenuto	Limite	Frequenza di controllo
Solfati (SO ₃)	< 20 mg/l	1 ogni settimana
Cloruri (Ione Cl)	< 20 mg/l	1 ogni settimana
Sostanze sospese	< 2 g/l	1 ogni settimana per filtrazione

Potranno utilizzarsi eventuali additivi non flocculanti (disperdenti, sali tampone, etc).

Il dosaggio di bentonite, in peso rispetto all'acqua, deve risultare di norma compreso fra il 4 e l'8%. Variazioni in più o in meno saranno stabilite, in sede esecutiva, in relazione ad eventuali problematiche di confezionamento o di appesantimento durante la perforazione, al fine comunque di garantire la stabilità dello scavo.

c) Caratteristiche dell'impianti per la produzione dei fanghi bentonitici

L'impianto di preparazione del fango sarà costituito da:

- silos di stoccaggio della bentonite in polvere;
- dosatori automatici;
- mescolatori automatici in grado di garantire la minuta suddivisione delle particelle di bentonite sospese;
- vasche di agitazione, maturazione e stoccaggio del fango fresco prodotto;
- pompe e circuito di alimentazione e di recupero fino agli scavi;
- vasche di recupero;
- dissabbiatori;
- vasca di raccolta della sabbia e di sedimentazione del fango non recuperabile.

Il fango sarà ottenuto miscelando, fino ad ottenere una sospensione finemente dispersa, i seguenti componenti:

- acqua dolce di cantiere;
- bentonite in polvere;
- additivi eventuali (disperdenti, sali tampone, etc.).

Dopo la miscelazione, la sospensione verrà immessa nelle apposite vasche di "maturazione" del fango, nelle quali essa dovrà rimanere per un tempo adeguato, prima di essere impiegata nella perforazione. Di norma la maturazione richiede da 12 a 24 ore.

d) Impianto di depurazione e recupero dei fanghi

L'Appaltatore dovrà predisporre e mantenere operanti idonee apparecchiature di depurazione del fango che consentano di eliminare o ridurre le quantità di detrito trattenuto in sospensione. L'efficacia di tali apparecchiature dovrà essere tale da mantenere il peso di volume del fango presente nello scavo entro i limiti seguenti:

- non superiore a 1.25 t/mc nel corso della perforazione;
- non superiore a 1.15 t/mc prima dell'inizio delle operazioni di getto.

La determinazione prima dell'inizio del getto dovrà essere eseguita su campioni prelevati con campionatore ad una quota di ca. 0.80 m superiore a quella di fondo dello scavo effettivamente eseguito.

L'efficienza dell'impianto e delle procedure adottate per la dissabbiatura e la rigenerazione del fango sarà controllata come indicato nei paragrafi seguenti.

I dissabbiatori dovranno essere dotati di un vaglio vibrante in corrispondenza dell'arrivo della tubazione di mandata, di una pompa centrifuga per fanghi e di un numero adeguato di cicloni. È richiesta una capacità minima di 50 mc/ora per ogni dissabbiatore.

Numero e potenza dei dissabbiatori dovranno essere commisurati alle effettive necessità derivanti dai ritmi di perforazione delle attrezzature di scavo.

Nel caso di scavo in terreni anche occasionalmente coesivi, a valle dei dissabbiatori dovrà essere prevista una batteria di centrifughe per la separazione delle frazioni fini inattive tenute in sospensione nel fango.

5.4.2 Fanghi biodegradabili

a) Generalità

Per fango biodegradabile si intende un fluido di perforazione ad alta viscosità che muta spontaneamente le proprie caratteristiche nel tempo, riassumendo dopo pochi giorni le caratteristiche di viscosità proprie dell'acqua.

b) Caratteristiche e preparazione dei fanghi biodegradabili

Per la produzione dei fanghi biodegradabili si utilizzeranno di norma prodotti a base di amidi.

La formulazione del fango deve essere preventivamente studiata con prove di laboratorio e sottoposta per approvazione alla Direzione Lavori.

Nelle prove occorrerà tenere conto della effettiva temperatura di utilizzo del fango (temperatura dell'acqua disponibile in cantiere, e temperatura dell'acqua di falda).

Il decadimento spontaneo della viscosità deve avvenire di norma dopo un tempo sufficiente al completamento degli scavi; in linea generale la perdita di viscosità deve iniziare tra 20 e 40 ore dalla preparazione.

Se necessario, e previa approvazione della Direzione Lavori, i fanghi potranno essere additivati utilizzando correttivi idrolizzanti.

6 MODALITÀ DI ESECUZIONE

6.1 Pali infissi e gettati in opera

I pali infissi vengono distinti in relazione alle modalità di esecuzione, in pali battuti con rivestimento definitivo e pali "vibro". Si distinguono inoltre i pali gettati entro rivestimenti definitivi da quelli realizzati con tubo forma estraibile.

6.1.1 Pali infissi con rivestimento definitivo

a) Attrezzatura

L'infissione del rivestimento definitivo sarà eseguita con un battipalo scorrevole su una torre avente guide fisse con perfetto allineamento verticale.

Le caratteristiche del battipalo saranno conformi alle indicazioni di progetto, quando esistenti.

Potranno essere impiegati i seguenti tipi di battipalo:

- battipalo a vapore ad azione singola;
- battipalo a vapore a doppia azione;
- battipalo diesel.

In ogni caso il battipalo impiegato deve essere in grado di fornire l'energia sufficiente alla infissione entro i terreni presenti nel sito; è prescritta comunque una energia minima non inferiore a 120 kJ.

La definizione delle caratteristiche minime del battipalo sarà eseguita a cura dell'Appaltatore, utilizzando le formule dinamiche oppure l'analisi con il metodo dell'onda d'urto, noti che siano le caratteristiche geometriche del palo, il materiale di costruzione, e la portata limite richiesta dal progetto.

La massa battente del battipalo agirà su un cuscino (cuffia o testa di battuta) di cui siano note le caratteristiche geometriche e di elasticità.

Numero, potenza e capacità operative delle attrezzature dovranno essere tali da consentire la realizzazione dei pali nei tempi previsti, e dovranno essere adeguati alle condizioni ambientali, stratigrafiche e idrogeologiche dei terreni e alle dimensioni dei pali da eseguire.

Per ogni attrezzatura l'Appaltatore dovrà fornire le seguenti informazioni:

- marca e tipo del battipalo;
- principio di funzionamento del battipalo;
- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- n. di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- efficienza "E" del battipalo;
- caratteristiche del cuscino (materiale, diametro, altezza, costante elastica, coefficiente di restituzione);
- caratteristiche della cuffia (materiale e peso);
- peso degli eventuali adattatori;
- peso del battipalo.

L'efficienza "E" dovrà essere sempre allineata con i valori percentuali caratteristici per ciascun differente tipo di martello impiegato.

Qualora richiesto dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore dovrà provvedere alla strumentazione del battipalo per le misure atte a ricavare, sulla base delle caratteristiche dell'attrezzatura certificate dal costruttore, la reale efficienza "E" del battipalo.

b) Tubi di rivestimento

I rivestimenti saranno in acciaio, di qualità, forma e spessore tali da sopportare tutte le sollecitazioni agenti durante l'infissione e da non subire distorsioni o collassi conseguenti alla pressione del terreno od alla infissione di pali vicini. I rivestimenti saranno chiusi alla base da una piastra in acciaio di resistenza adeguata, comunque di spessore > 3 mm, saldata per l'intera circonferenza ai lamierini. La piastra sarà priva di sporgenze rispetto al rivestimento; la saldatura sarà tale da prevenire l'ingresso d'acqua all'interno per l'intera durata della battitura ed oltre.

E' ammesso l'impiego di lamierini di modesto spessore, corrugati, battuti mediante mandrino. E' ammesso l'impiego di rivestimenti a sezione variabile, con raccordi flangiati.

c) Mandrino

E' prevista la possibilità di utilizzare un mandrino d'acciaio, di opportune dimensioni e resistenza, allo scopo di eseguire la battitura sul fondello. E' ammesso l'impiego di mandrini ad espansione, resi temporaneamente solidali al rivestimento.

E' ammesso l'impiego di mandrini speciali per la battitura multipla di rivestimenti a sezione variabile.

d) Infissione

L'infissione dei rivestimenti tramite battitura avverrà senza estrazione di materiale, con spostamento laterale del terreno naturale.

L'Appaltatore dovrà sottoporre alla Direzione Lavori il programma cronologico di infissione di tutti i pali, elaborato in modo da rendere minimi gli effetti negativi della infissione stessa sulle opere vicine e sui pali già installati.

È ammesso, se previsto dal progetto, o se approvato dalla Direzione Lavori, l'esecuzione della battitura in due o più fasi, con eventuale modifica del procedimento (ad esempio eseguendo dapprima la battitura in testa, e prevedendo l'impiego del mandrino in 2ª fase).

Nel caso di utilizzo del mandrino, esso sarà infilato nel rivestimento; se previsto, il mandrino verrà espanso e mantenuto del tutto solidale al tubo-forma per l'intera durata dell'infissione, a seguito della quale sarà estratto.

L'inserimento del mandrino nel rivestimento sarà eseguito, se necessario, con l'ausilio di un "palo-pozzo" di diametro superiore a quello dei pali di esercizio. Il "palo-pozzo" potrà essere trasformato in palo di esercizio, se accettato dalla Direzione Lavori, in funzione delle sue caratteristiche ed ubicazione.

Si considererà raggiunto il rifiuto allorquando, con un battipalo pienamente efficiente, si avranno avanzamenti non superiori a 10 cm per 100 colpi di maglio, o secondo le indicazioni di rifiuto di progetto e della Direzione Lavori.

Per pali di particolare lunghezza è ammessa la saldatura in opera di due spezzoni di rivestimento, il primo dei quali già infisso. Il secondo spezzone, nel corso della saldatura, sarà mantenuto in posizione coassiale fissa da un'adeguata attrezzatura di sostegno. L'Appaltatore potrà richiedere alla Direzione Lavori l'approvazione a procedere al getto del primo spezzone infisso, eseguendo in seguito la saldatura.

L'infissione dei rivestimenti sarà arrestata quando sarà soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- raggiungimento della quota di progetto;
- misurazione del rifiuto della battitura.

In quest'ultimo caso la Direzione Lavori ha facoltà di richiedere all'Appaltatore la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, se motivata da ragioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, etc.).

L'Appaltatore può richiedere alla Direzione Lavori l'autorizzazione ad eseguire dei prefori di guida alla infissione per evitare o ridurre i problemi di vibrazione o il danneggiamento di opere o pali già esistenti. Il preforo avrà diametro massimo inferiore di almeno 20 mm rispetto a quello esterno della tubazione di rivestimento. Di norma la profondità sarà inferiore ai 2/3 della profondità del palo, e comunque tale da non raggiungere lo strato portante (se esistente). Il preforo potrà anche essere richiesto per il raggiungimento delle quote di progetto nel caso di livelli superficiali molto addensati o cementati.

e) Armature

Le gabbie di armatura saranno assemblate in stabilimento o a piè d'opera in conformità con i disegni di progetto.

Esse saranno posizionate entro i rivestimenti, curando il perfetto centramento mediante l'impiego di opportuni distanziatori e rispettando con precisione le quote verticali prescritte nei disegni di progetto.

Prima del posizionamento si avrà cura di rimuovere eventuali corpi estranei presenti nel cavo e si verificherà che il livello di acqua entro il tubo di rivestimento non superi i 10 cm.

f) Getto del calcestruzzo

Il getto di norma avverrà secondo il metodo "Contractor", utilizzando un tubo convogliatore metallico di diametro >20-25 cm, in spezzoni di circa 3 m, dotato in sommità di una tramoggia di carico della capacità di almeno 0.5÷0.6 mc.

Sistemi alternativi di getto che prescindano dall'uso del sistema "Contractor" potranno essere proposti alla accettazione della Direzione Lavori con adeguate motivazioni tecniche: in tal caso l'Appaltatore, fra l'altro, dovrà garantire l'assoluta assenza di acqua entro il tubo di rivestimento.

La cadenza di getto deve essere non inferiore a 15 mc/ora.

Durante il getto il tubo convogliatore sarà ritmicamente manovrato per circa 20÷30 cm in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo. Il tubo-getto sarà man mano accorciato, provvedendo a mantenere l'estremità inferiore entro il getto per almeno 2 m.

Per lamierini di diametro interno non superiore a 50 cm circa, il tubo-getto potrà essere omesso, previa autorizzazione della Direzione Lavori e totale pulizia di presenze interne di acqua.

6.1.2 Pali infissi con tubo forma estraibile

a) Attrezzatura

L'infissione del tubo forma provvisorio sarà eseguita con un battipalo conforme alle specifiche di cui al paragrafo 6.1.1. a).

b) Tubi di rivestimento

Le medesime specifiche del par.6.1.1 b) valgono per le caratteristiche della tubazione provvisoria.

Per l'espulsione del fondello, posto ad occludere l'estremità inferiore del tubo-forma, è ammesso, se approvato dalla Direzione Lavori, l'impiego di un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo-forma collegato, tramite un'asta rigida, alla base della testa di battuta.

E' ammesso, se approvato dalla Direzione Lavori, l'impiego di tubi-forma dotati di fondello incernierato recuperabile.

c) Infissione

Posizionato il tubo-forma si procederà alla battitura fino al raggiungimento di una delle due seguenti condizioni:

- raggiungimento della quota di progetto;
- misurazione del rifiuto alla battitura.

Il rifiuto viene considerato raggiunto quando, con battipalo efficiente, per 100 colpi di maglio si misurano avanzamenti permanenti minori o uguali a 10 cm, salvo diverse prescrizioni in progetto od indicate dalla Direzione Lavori.

La Direzione Lavori avrà facoltà di richiedere la ribattitura nei casi specificati al paragrafo 6..1.1 d)

E' ammessa, previa autorizzazione della Direzione Lavori, l'esecuzione di prefori, come specificato in 6..1.1 d)

d) Armature

Valgono le prescrizioni di cui al paragrafo 6..1.1 e)

e) Getto del calcestruzzo

Il getto avverrà secondo le modalità e le prescrizioni di cui al paragrafo 6.1.1 f), con contemporanea estrazione ed accorciamento del tubo-forma provvisorio, la cui scarpa deve essere tenuta costantemente sotto un battente di calcestruzzo non inferiore a 2 m. A questo scopo ogni manovra di accorciamento del rivestimento esterno e del tubo convogliatore deve essere preceduta dalla misurazione del livello del calcestruzzo, tramite l'impiego di uno scandaglio.

Lo scandaglio è costituito da un grave metallico, del peso di circa 5 kg, di forma cilindrica con fondo piatto, corredato di un filo di sospensione metrato.

6.1.3 Pali "Vibro"

a) Attrezzatura

L'energia necessaria per l'infissione sarà applicata in testa al palo impiegando un vibratore a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico.

Le caratteristiche del vibratore (momento d' eccentricità, numero di vibrazioni per minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza ed accelerazione del minimo) saranno scelte dall'Appaltatore in relazione alle prestazioni da ottenere, eventualmente anche a seguito di prove tecnologiche preliminari.

b) Infissione del tubo forma

L'infissione sarà eseguita fino al raggiungimento delle quote previste in progetto.

La distanza minima e/o l'intervallo di tempo tra l'infissione di due pali adiacenti sarà definito in relazione alla natura dei terreni attraversati. In ogni caso la distanza minima non sarà inferiore a tre diametri.

c) Posa dell'armatura e getto

Completata l'infissione, si provvederà a porre in opera l'armatura entro il tubo-forma e si darà luogo al getto, estraendo man mano, per vibrazione, il tubo-forma provvisorio.

La vibrazione favorisce l'assestamento del calcestruzzo; per evitare eventuali franamenti del terreno ed il conseguente inglobamento di materiale nel getto di calcestruzzo, questo dovrà avere uno slump di 9÷10 cm, e inerti $\varnothing_{max} = 25$ mm.

L'assorbimento reale di calcestruzzo può eccedere il valore teorico, riferito al diametro nominale del palo, in misura del 10÷20%.

6.2 Pali infissi prefabbricati

a) Attrezzatura

Il battipalo avrà caratteristiche tali da soddisfare integralmente le specifiche di cui al par. 6.1.1.a)

6.2.1 Caratteristiche dei pali prefabbricati

a) Pali prefabbricati in stabilimento

I pali dovranno essere costruiti con calcestruzzo centrifugato avente resistenza caratteristica dopo stagionatura conforme a quanto previsto in progetto, di norma $R_{ck} > 40$ MPa.

L'armatura sarà conforme a quanto specificato in progetto.

Se richiesto, i pali saranno in calcestruzzo di tipo precompresso con il metodo dei fili d'acciaio aderenti.

b) Pali prefabbricati in cantiere

I pali saranno realizzati con calcestruzzo confezionato utilizzando una centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti.

Il cemento sarà di tipo 425, con dosaggio di 300÷350 kg/mc di calcestruzzo finito.

Gli inerti saranno di cava naturale o di frantoio, lavati, privi di componenti friabili o alterabili, con granulometria prossima alla distribuzione teorica di Fuller.

L'impasto avrà rapporto acqua-cemento non superiore a 0.45.

Il calcestruzzo avrà la resistenza caratteristica prevista in progetto, di norma $R_{ck} > 40$ MPa.

Dopo la posa nelle forme, il calcestruzzo sarà vibrato con frequenza di almeno 100 Hz mediante immersione del vibratore nel calcestruzzo o applicazione del medesimo alle forme.

I pali saranno lasciati nelle forme fino al raggiungimento di caratteristiche di resistenza che li rendano adatti a sopportare la rimozione e l'accatastamento senza danno alcuno.

La stagionatura potrà essere naturale in ambiente umido, oppure a vapore; in ogni caso i pali dovranno raggiungere caratteristiche di resistenza alla compressione e all'urto tali da permetterne l'infissione nelle condizioni stratigrafiche del sito senza lesioni e rotture.

L'armatura dovrà soddisfare le norme e le prescrizioni delle presenti Specifiche Tecniche per le costruzioni in cemento armato, essere conforme al progetto ed approvata dalla Direzione Lavori.

Le armature metalliche dovranno essere costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei pali saranno costituite da uno o due spirali in filo lucido crudo esterne ai ferri longitudinali.

Le armature verranno pre-assemblate in "gabbie"; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro.

Le gabbie di armature avranno un copriferro netto minimo rispetto alla superficie del palo di 3 cm; dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine.

c) Dimensioni

Le dimensioni dei pali prefabbricati in cantiere o in stabilimento saranno conformi al progetto.

Nel caso di pali di lunghezza superiore a 16 m, è ammesso il ricorso alla giunzione di 2 o più elementi; il giunto sarà costituito da un anello di acciaio con armatura longitudinale, solidale con ciascuno degli spezzoni di palo da unire; gli anelli verranno saldati fra loro e protetti con vernici bituminose o epossidiche.

d) Protezione della punta

La punta dei pali sarà protetta con una puntazza metallica formata da un cono di lamiera con angolo al vertice di 60°, resa solidale al fusto del palo tramite spezzoni di tondino saldati alla puntazza ed annegati nel calcestruzzo.

In terreni poco compatti l'uso della puntazza potrà essere evitato, con la preventiva autorizzazione della Direzione Lavori.

In terreni molto compatti la puntazza sarà rinforzata con massello di ghisa o, nel caso di roccia, sostituita con uno spezzone di profilato in acciaio a doppio T.

e) Infissione

L'infissione dei pali avverrà tramite battitura, senza estrazione di materiale.

Nel caso di strati granulari addensati, si potrà facilitare l'infissione con iniezioni d'acqua.

La discesa del palo in tal caso avverrà per peso proprio o con l'ausilio di una modesta battitura.

Le iniezioni d'acqua saranno interrotte non appena superato lo strato granulare e comunque non oltre 2 m prima del raggiungimento della quota di progetto.

Modalità, pressioni e portata del getto dovranno essere approvate dalla Direzione Lavori.

Se motivato da esigenze di riduzione delle vibrazioni, o in alternativa all'uso delle iniezioni d'acqua, si potranno eseguire prefori aventi diametro inferiore di almeno 20 mm alla minima sezione del palo.

Il preforo non dovrà raggiungere lo strato portante (se esistente) e fermarsi comunque almeno a 2/3 della profondità di progetto.

L'infissione dei pali sarà arrestata quando si registrerà il raggiungimento di una delle seguenti condizioni:

- arrivo alla quota di progetto;
- misurazione del rifiuto alla battitura.

In quest'ultimo caso la Direzione Lavori ha facoltà di richiedere all'Appaltatore la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, per tratti anche superiori a 0.5 m, se motivata da ragioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, etc.).

Si intende raggiunto il rifiuto quando l'infissione corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente è inferiore a 2.5 cm, salvo diverse indicazioni del progetto o della Direzione Lavori.

6.3 Pali trivellati

a) Prescrizioni generali

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore fornirà i disegni costruttivi di cantiere, contenenti la planimetria con i pali numerati, indicando i primari ed i secondari in caso di paratia di pali accostati, e la sequenza di esecuzione degli stessi.

Nella esecuzione dei pali dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti necessari a realizzare l'opera conformemente ai requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda il rispetto della verticalità.

Le attrezzature, gli utensili e le modalità di scavo dovranno essere definite dall'Appaltatore in modo da assicurare il raggiungimento della profondità prevista in progetto, l'attraversamento di eventuali strati di terreno lapidei o cementati, il superamento di trovanti di durezza e dimensione qualsiasi, indipendentemente dalle previsioni geognostiche formulate in progetto.

Il numero delle attrezzature dovrà essere tale da consentire di completare le opere nei tempi previsti nel Programma Lavori approvato.

La distanza minima fra gli assi di due pali, in contemporaneo corso di scavo o di getto, dovrà essere tale da impedire eventuali fenomeni di interazione. Qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo, etc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarla solo nell'imminenza del getto; in caso di rischio di stabilità delle pareti di scavo, a valutazione dell'Appaltatore o della Direzione Lavori, potrà corrispondere la necessità di riempire provvisoriamente lo scavo.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dagli scavi e dalle lavorazioni comunque connesse con la realizzazione dei pali. Il terreno di risulta sarà caricato su autocarri aventi i cassoni a tenuta stagna nel rispetto delle leggi comunali e di igiene ambientale.

Lo scavo con benna mordente sarà eseguito in presenza di fango bentonitico o biodegradabile in quiete.

Durante la perforazione, di norma da eseguire in presenza di fango bentonitico e/o biodegradabile, il livello del fango dovrà costantemente essere mantenuto in prossimità del piano di lavoro; in particolare si avrà cura che il livello del fango non scenda mai, ed anche all'atto della estrazione dell'utensile di scavo, al di sotto del franco di 1 metro sopra la massima quota piezometrica, né al di sotto di 1 metro dal piano di lavoro: l'Appaltatore disporrà di adeguata riserva di fango comunicante con lo scavo, ricavata in apposite vasche o fosse attigue.

Nel caso di improvviso franamento, con o senza perdita di fango bentonitico, lo scavo verrà immediatamente riempito con calcestruzzo magro; in caso di semplice perdita del fango si ricorrerà al riempimento con calcestruzzo magro dopo un primo tentativo di ristabilizzazione del livello del fango.

Durante l'esecuzione dello scavo dovranno essere presi tutti gli accorgimenti al fine di prevenire la fuoriuscita del fango bentonitico e la dispersione al di là delle immediate vicinanze della zona di scavo.

Al termine della perforazione si dovrà procedere all'accurata rimozione dei detriti rimasti sul fondo per ricondurre il fango alle caratteristiche prescritte per l'esecuzione del getto:

- il contenuto in sabbia del fango non dovrà essere superiore al 5%;
- la densità non potrà superare 1.15 t/mc.

In caso contrario, l'Appaltatore sostituirà parzialmente od integralmente il fango per ricondurlo alle caratteristiche richieste; a tal fine si potrà adottare uno dei seguenti sistemi, purché approvato dalla Direzione Lavori e comunque aspiranti il fango dal fondo scavo:

- eiettore (air lifting);
- pompa sommersa per fanghi;
- pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.

Nel caso che il fango non sia stato sostituito, rientrando nei limiti di accettabilità, e qualora le successive operazioni (posa della gabbia, posa del tubo getto, attesa del calcestruzzo) prima dell'inizio getto si prolunghino oltre le 2 ore sarà eseguito un ulteriore controllo del fango in opera.

La profondità di scavo dovrà essere controllata con sonda connessa ad una fune graduata. La profondità misurata dovrà essere non inferiore di 10 cm rispetto la profondità di progetto.

b) Perforazione

Per la perforazione saranno utilizzate attrezzature semoventi equipaggiate con rotary. L'utensile di scavo sarà il più idoneo in relazione alla natura e consistenza dei terreni da scavare.

Numero, potenza e capacità operativa delle attrezzature dovranno essere tali da consentire la realizzazione dei pali nei tempi previsti alla luce delle condizioni ambientali, litologiche e idrogeologiche dei terreni da attraversare nonché alle dimensioni dei pali da eseguire.

Per il controllo della verticalità dei pali saranno utilizzati sistemi la cui precisione è commisurata alle profondità dei pali, alle reali esigenze del progetto ed all'importanza dell'opera. Di norma potranno essere utilizzati sistemi inclinometrici da fissare sull'asta di perforazione, in modo da avere il controllo della perforazione a varie profondità, oppure ecometri biassiali (tipo Koden) che consentano di restituire l'immagine della geometria dello scavo.

La perforazione sarà condotta nel rispetto delle prescrizioni generali precedenti, fino a raggiungere le profondità previste in progetto.

Di norma lo scavo del palo sarà intestato in un rivestimento provvisorio di limitata profondità movimentabile anche senza specifica attrezzatura, con funzione di conservazione della posizione tracciata del palo e di contenimento dello scavernamento superficiale della perforazione, oltre che di contenimento della dispersione dei fanghi nell'ambiente circostante.

In circostanze di materiali estremamente sciolti e non stabilizzabili mediante fanghi, si dovrà adottare un rivestimento provvisorio profondo infisso mediante vibrazione o mediante attrezzatura "giracolonne", tecniche di seguito specificate: la scelta della tecnica operativa dovrà comunque limitare dispersioni di fango stabilizzante, scavernamenti e sovrageggi rispetto ai valori standard, restando dell'Appaltatore la libertà e le responsabilità di scelta della tecnologia più idonea.

In caso di scavo in presenza di fango, durante la perforazione il livello del fango dovrà costantemente essere mantenuto in prossimità del piano di lavoro; in particolare si avrà cura che il livello del fango non scenda mai, ed anche all'atto della estrazione dell'utensile di perforazione, al di sotto del franco di 1 metro sopra la massima quota piezometrica, né al di sotto di 1 metro dal piano di lavoro: l'Appaltatore disporrà di adeguata riserva di fango per un immediato reintegro dei livelli necessari.

Nel caso di improvviso franamento, con o senza perdita di fango, lo scavo verrà immediatamente riempito con calcestruzzo magro; in caso di semplice perdita del fango l'Appaltatore dovrà mettere in campo adeguate tecniche per il tamponamento della perdita (addensamento del fango, apporto di segatura di legno scaricata direttamente nello scavo, apporto di foglie di barbabietole, ecc), solo in caso di evidente impossibilità a contenere la perdita, si ricorrerà al riempimento con calcestruzzo magro.

Durante l'esecuzione della perforazione dovranno essere presi tutti gli accorgimenti al fine di prevenire la fuoriuscita incontrollata del fango e la sua dispersione al di là delle immediate vicinanze della zona di scavo.

Nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei o di strati rocciosi o cementati e per conseguire un adeguato ammorsamento in substrati di roccia dura, si potrà ricorrere all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, di peso e forma adeguati alla natura dell'ostacolo e comunque dotati alla sommità di un anello di forma appropriata per la guida dell'utensile. In alternativa all'uso dello scalpello possono essere utilizzate eliche da roccia aventi spirali rinforzate e denti idonei allo stato di fessurazione della roccia da perforare.

Salvo deroghe della Direzione Lavori, l'impiego dello scalpello comporterà l'adozione di un rivestimento provvisorio, spinto sino al tetto della formazione lapidea, allo scopo di evitare urti e rimbalzi laterali dello scalpello contro le pareti del foro.

Al termine della perforazione si dovrà procedere all'accurata rimozione dei detriti rimasti sul fondo per ricondurre il fango alle caratteristiche prescritte per l'esecuzione del getto, utilizzando gli utensili più adatti (es. cleaning bucket).

In caso contrario, l'Appaltatore sostituirà parzialmente od integralmente il fango per ricondurlo alle caratteristiche richieste; a tal fine si potrà adottare uno dei seguenti sistemi, purché approvato dalla Direzione Lavori e comunque aspiranti il fango dal fondo scavo:

- eiettore (air lifting);
- pompa sommersa per fanghi;
- pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.

Nel caso che il fango non sia stato sostituito, rientrando nei limiti di accettabilità, e qualora le successive operazioni (posa della gabbia, posa del tubo getto, attesa del calcestruzzo) prima dell'inizio getto si prolunghino oltre le 2 ore, sarà eseguito un ulteriore controllo del fango in opera.

c) Posa in opera dell'armatura

Completata la perforazione e controllata la profondità di scavo e la qualità del fango, si provvederà alla posa in opera delle gabbie pre-assemblate, costruite e stoccate in conformità con le specifiche precedenti.

L'Appaltatore avrà cura di effettuare il sollevamento delle gabbie in modo da non arrecare deformazioni permanenti alla gabbia; qualora si rendesse necessario, l'Appaltatore dovrà provvedere fuori scavo alla risarcitura delle connessioni danneggiate ed al corretto riposizionamento delle barre, staffe o spirali eventualmente dislocatesi.

Le gabbie dovranno essere poste in opera all'interno della perforazione con gradualità, curando il reciproco centraggio fra gabbia e perforazione, evitando danni ai distanziatori esterni ed evitando ogni contatto con la parete di scavo: in caso di urto della gabbia, ove esista il timore di anche parziale franamento, la gabbia verrà estratta per provvedere alla pulizia del fondo scavo. La gabbia dovrà essere mantenuta sospesa per mezzo di appositi ganci, e non a contatto con il fondo dello scavo.

d) Getto del calcestruzzo

Il getto del calcestruzzo avverrà impiegando il tubo di convogliamento. Esso sarà costituito da sezioni non più lunghe di 3 m di tubo in acciaio avente diametro interno 20÷25 cm.

L'interno del tubo sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature.

Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2 cm; sono escluse le giunzioni a flangia.

Il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0.5÷0.6 mc; sarà mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo getto sarà eseguita una ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito di detriti di scavo superi i 20 cm, si provvederà all'estrazione della gabbia d'armatura ed alle operazioni di pulizia.

Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a 20÷40 cm dal fondo della perforazione; al fine di evitare azioni di contaminazione e dilavamento del primo calcestruzzo gettato, prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo galleggiante, ad esempio formato da un involucro di carta riempito con vermiculite granulare o palline di polistirolo.

Qualora dal controllo di qualità del fango non riciclato al momento di inizio getto siano intercorse più di 2 ore, si provvederà ad un ulteriore controllo di qualità del fango e relativo contenuto in sabbia.

Durante il getto, il tubo convogliatore sarà opportunamente manovrato per un'ampiezza di 20 ÷ 30 cm, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo.

Previa verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2.5 m e massima di 6 m.

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo getto e di almeno 3÷4 m di palo.

È prescritta una cadenza di getto non inferiore a 25 mc/ora.

Il getto di un palo dovrà comunque essere completato in un tempo tale che il calcestruzzo rimanga sempre lavorabile nella zona di rifluimento.

Al termine di ogni svuotamento di betoniera si controllerà con scandaglio la quota superiore raggiunta dal getto nello scavo, riportandola in tabella unitamente ai volumi di calcestruzzo messi in opera; con tali dati (da consegnare alla Direzione Lavori) saranno creati i diagrammi di assorbimento sulla verticale, atti ad individuare zone di maggior assorbimento per instabilità delle pareti di scavo.

Per nessuna ragione il getto dovrà essere sospeso prima del totale riempimento della perforazione. A palo riempito il getto sarà proseguito fino a raggiungere, in corrispondenza della quota teorica di fine getto, la completa espulsione del calcestruzzo contaminato dal fango di bentonite.

In caso di pali aventi la sommità del getto notevolmente più profonda della quota del piano di lavoro, sarà necessario il riempimento della altezza rimanente con terra o con calcestruzzo magro, o l'adozione di altra misura cautelativa al fine di garantire la corretta esecuzione dei pali adiacenti e la sicurezza del piano di lavoro.

e) Scapitozzatura

La sommità dei pali sarà scapitozzata sino ad evidenziare il calcestruzzo di buona qualità e comunque per lo spessore minimo di 50 cm, per la ripresa dei getti di collegamento con le strutture di elevazione.

6.3.1.1 Pali scavati con rivestimento provvisorio

La tubazione sarà costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni connessi tra loro mediante innesti speciali del tipo maschio/femmina.

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta imprimendole un movimento rototraslatorio mediante adeguata attrezzatura rotary e/o morsa azionata da comandi oleodinamici, oppure, in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi, applicandole in sommità un vibratore di adeguata potenza. In questo secondo caso la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni ma anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo. È ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possano dar luogo all'ingresso di terreno.

a) Attrezzature

Escavatori

Valgono le specifiche già indicate per pali scavati con fanghi.

Morsa gira-colonna

La morsa deve essere costituita da un telaio rigido di supporto, sul quale viene posto un collare metallico, a 3 settori, dotato di un martinetto di chiusura per il serraggio della colonna di rivestimento. Sul telaio di supporto, collegato all'escavatore, sono montati:

- 2 martinetti di oscillazione, sincronizzati, che imprimono un movimento rotatorio alla colonna;
- 2 martinetti di infissione ed estrazione della colonna, a funzionamento indipendente, che consentono anche di correggere eventuali deviazioni della colonna.

Il diametro nominale del collare deve corrispondere al diametro del palo. E' consentito l'impiego di opportune riduzioni.

Le caratteristiche dei martinetti e del circuito idraulico di funzionamento devono essere in grado di sviluppare spinta, momento torcente e serraggio della colonna adeguati al diametro ed alla lunghezza del palo da realizzare.

Vibromorsa

L'energia necessaria per l'infissione sarà applicata in testa al rivestimento impiegando un vibratore a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico.

Le caratteristiche del vibratore (momento d'eccentricità, numero di vibrazioni per minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza ed accelerazione del minimo) saranno scelte dall'Appaltatore in relazione alle prestazioni da ottenere, eventualmente anche a seguito di prove tecnologiche preliminari.

Utensile di scavo

Per lo scavo entro la colonna di rivestimento provvisoria si utilizzerà l'utensile più adatto al tipo di terreno, prevedendo ove necessario l'impiego di scalpello ad elevata energia demolitrice.

Conduzione della perforazione

La perforazione non dovrà essere approfondita al di sotto della scarpa del tubo di rivestimento.

Nel caso di presenza di falda, il foro dovrà essere costantemente tenuto pieno d'acqua (o eventualmente di fango bentonitico) con un livello non inferiore a quello della piezometrica della falda.

Lo scavo all'interno sarà approfondito sino alla quota di progetto.

L'infissione sottoscarpa della colonna di rivestimento dovrà consentire di evitare rifluimenti a fondo foro.

b) Armature

Si applicano le specifiche già citate per pali scavati con fanghi.

c) Getto del calcestruzzo

Il getto avverrà conformemente alle specifiche relative ai pali trivellati con fanghi, provvedendo altresì alla contemporanea estrazione della colonna di rivestimento provvisoria, la cui scarpa dovrà restare sotto un battente minimo di calcestruzzo non inferiore a 3 m.

6.3.1.2 Pali trivellati ad elica continua

a) Attrezzature

Si utilizzano escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montate su asta di guida, e dotate di dispositivo di spinta. L'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) devono essere commisurate alla profondità da raggiungere.

L'equipaggiamento di cantiere deve comprendere la disponibilità di pompe per calcestruzzo in numero adeguato ai ritmi di esecuzione dei pali.

b) Perforazione

La perforazione sarà eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare.

L'anima centrale dell'elica deve essere cava, in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo. All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto.

La perforazione avverrà di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitemento. In ogni caso il volume di terreno estratto per caricamento della trivella deve essere non superiore al volume teorico della perforazione.

Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, la Direzione Lavori potrà:

- autorizzare l'esecuzione di prefori di diametro inferiore al diametro nominale dei pali;
- ordinare l'accorciamento della lunghezza di perforazione.

c) Armature e getto del calcestruzzo

Completata la perforazione, a seconda della tipologia esecutiva del palo ad elica continua, si procederà al completamento del palo.

c1) Pali armati dopo il getto

Getto del calcestruzzo

Per i pali ad elica continua la dimensione massima degli inerti sarà di 8÷12 mm, in relazione al diametro del tubo convogliatore; il valore di slump sarà contenuto entro i valori 12÷16 cm.

Il calcestruzzo verrà pompato pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione o con limitata velocità di rotazione.

La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato.

Pertanto l'estrazione dell'asta di trivellazione deve essere effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature, ovvero a evitare interruzioni del getto.

In particolare il circuito di alimentazione del getto dovrà essere provvisto di un manometro di misura della pressione.

Durante l'operazione si dovrà verificare che la pressione sia mantenuta entro l'intervallo di 50÷150 kPa.

Il getto dovrà essere prolungato fino a piano campagna, anche nei casi in cui la quota finita del palo è prevista a quota inferiore.

Armatura

La gabbia, assemblata a piè d'opera in conformità con il progetto e le specifiche già indicate per le armature per pali trivellati con uso di fanghi, verrà inserita a getto concluso mediante l'ausilio di un vibratore.

Dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia entro la colonna di calcestruzzo appena formata.

Se necessario, la gabbia dovrà essere adeguatamente irrigidita per consentirne la infissione.

L'operazione di infissione deve essere eseguita immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa del calcestruzzo.

c2) Pali armati prima del getto

L'armatura viene inserita entro l'anima della trivella elicoidale, il cui diametro interno deve essere congruente con il diametro della gabbia di armatura.

All'interno della gabbia va inserito un adeguato mandrino, da tenere contrastato sul dispositivo di spinta della rotary per ottenere l'espulsione del fondello a perdere, con effetto di precarica alla base del palo.

Armatura

La gabbia deve essere costruita in conformità con il disegno di progetto e nel rispetto delle stesse specifiche citate per i pali ad elica armati dopo il getto.

Getto del calcestruzzo

Valgono le medesime specifiche citate per il caso dei pali trivellati in fango e per i pali ad elica armati dopo il getto

7 CONTROLLI DI QUALITÀ

7.1 Generalità

L'Appaltatore dovrà redigere - e sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori almeno 30 giorni prima del previsto inizio della lavorazione - il documento; "PIANO DI QUALITÀ DI COSTRUZIONE E INSTALLAZIONE – PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO".

Il piano di qualità di costruzione e installazione (PQCI) sarà redatto sulla base dell'indice generale e relativi contenuti indicati nell' ALLEGATO 1 al presente CSA – Parte B.

Le prove ed i controlli sono a carico dell'Appaltatore e saranno eseguiti in conformità al PROGRAMMA DELLE PROVE E DEI CONTROLLI contenuto nel PQCI.

Di seguito si forniscono le specifiche che l'Appaltatore dovrà osservare nella esecuzione dei controlli del proprio operato; l'Appaltatore resta comunque responsabile della qualità del prodotto finale, che sarà accettato solo ove rispondente ai seguenti criteri:

- rispondenza ai criteri di tolleranza specificati nella presente sezione;
- rispondenza del cls alle caratteristiche di progetto ed alle relative specifiche riportate nella Sezione 6 del presente CSA – Parte B;
- assenza di difetti, evidenziati dall'autocontrollo dell'Appaltatore, o rilevati dalla Direzione Lavori, o rilevati dalle prove eseguite, od emersi in fase di scavo.

Per ciascun palo l'Appaltatore dovrà redigere una scheda indicante al minimo:

- data/date di esecuzione;
- numero progressivo del palo con identificazione corrispondente alla planimetria di progetto;
- dimensioni di progetto: diametro, lunghezza, profondità;
- nominativi del caposquadra addetto e degli operatori (scavo, gestione fanghi, posa gabbia, getto, controlli in corso d'esecuzione, ecc.);
- identificazione dell'attrezzatura di scavo e degli utensili adoperati a varie quote;
- fluido di perforazione utilizzato e sue caratteristiche prima del getto: densità, viscosità e contenuto in sabbia; eventuali operazioni di riciclo;
- profondità di perforazione;
- informazioni relative alla stratigrafia locale emersa dall'osservazione dei detriti di scavo;
- segnalazione di ogni anomalia operativa riscontrata, quali ostruzioni, franamenti e perdite di fango, fermi per rottura di attrezzature, ecc.;
- restituzione grafica, ove prevista, dei controlli automatici di profondità ed inclinazioni acquisiti in corso di perforazione;
- restituzione grafica, ove prevista, della registrazione del controllo eseguito a fine scavo con sonda ecometrica (Koden);
- tempi parziali di scavo (infissione), posa gabbia e getto;
- (pali infissi) tabella dei colpi per l'avanzamento e grafico dei colpi relativo agli ultimi 4 m.
- (pali trivellati ad elica) spinta sul mandrino misurata durante l'estrazione della trivella
- tipo di gabbia posta in opera e controlli posizione rispetto centro teorico;
- "rapporto di getto" includente:
 - profondità di scavo rilevata prima della posa della gabbia; reale lunghezza scavata di palo;
 - tipo di calcestruzzo gettato; valori di slump per betoniera; localizzazione dei prelievi di calcestruzzo: n° di betoniera, profondità di getto corrispondente;
 - data ed ora di inizio e fine getto
 - diagramma volume gettato-profondità
 - diagramma volume gettato-tempi

7.2 Controlli di qualità dei fanghi

L'Appaltatore dovrà disporre in cantiere di adeguata attrezzatura di laboratorio per il controllo, secondo modalità e frequenze minime di seguito riportate, delle seguenti caratteristiche del fango bentonitico o polimerico, secondo le raccomandazioni API-RP13B-2:

a- peso specifico o di volume mediante bilancia Baroid, calibrata con una precisione di ± 5 gr/l

b- viscosità Marsh con l'imbuto di Marsh: recipiente tronco-conico con seguenti dimensioni:

- diametro alla base superiore 152 mm

- altezza del tronco di cono 305 mm

- base inferiore costituita da un ugello di diametro interno 4,76 mm ed altezza 50,8 mm

il fango, previo filtraggio, sarà fatto defluire fra riempimenti corrispondenti a 1,5 e 1 litri, determinandone il tempo

c- contenuto in sabbia mediante elutriometro: strumento costituito da un cilindro Φ 63,5 mm munito di setaccio 200 mesh (0,075mm), da un piccolo imbuto e da un tubo di vetro a base conica; il tubo di misura è graduato in modo da consentire una lettura diretta della percentuale di sabbia contenuta nel fango

d- temperatura

e- basicità, con cartine reagenti Tornasole o piaccametro portatile, misurando il pH dell'acqua libera ottenuta dalla prova di pressofiltrazione

f- filtropressa Baroid per la misura dell'acqua libera corrispondente al volume di acqua filtrata in 7,5 minuti, sotto una pressione di 0,7 MPa, dal fango su carta da filtro standardizzata tipo Whatman 50

Fango fresco, (controllo di qualità del processo di produzione della sospensione).

Parametri da controllare:

* peso specifico o di volume ≤ 1.10 t/mc

* viscosità Marsh = 30" ÷ 60"

* basicità = 7÷11

* acqua libera < 30 cmc (per fanghi bentonitici)

Frequenza:

- giornalmente

Punto di prelievo:

- vasca di maturazione

Fango pronto per l'impiego, (controllo di efficienza dell'impianto di dissabbiamento).

In condizioni di cantiere a regime si eseguiranno le prove di seguito elencate con frequenze e limiti (a temperatura di riferimento di 5°C di seguito riportati):

Parametri da controllare:

* peso specifico o di volume ≤ 1.12 t/mc

* viscosità Marsh = 30" ÷ 60"

* acqua libera < 50 cmc

Frequenza:

- per ogni palo

Punto di prelievo:

- vasca di accumulo a valle del dissabbiatore

Quando i risultati dimostrano un comportamento costante, la frequenza delle prove potrà essere ridotta secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

Fango nell'interno dello scavo, durante lo scavo

Parametri da controllare:

* peso specifico o di volume < 1.25 t/mc

Frequenza:

- per ogni palo o secondo indicazioni della Direzione Lavori; dopo attraversamenti particolarmente sabbiosi

Punto di prelievo:

- a quota superiore di 1 m dal fondo dello scavo, con apposito campionatore a tenuta, agganciato con fune metallica all'argano

Fango nell'interno dello scavo, prima del getto

Parametri da controllare:

- * peso specifico o di volume ≤ 1.15 t/mc
- * contenuto in sabbia $< 5\%$

Frequenza:

- per ogni palo a fine scavo e prima di procedere con le operazioni di getto, dopo aver posto in opera la gabbia di armatura e dopo aver posizionato il tubo-getto, qualora siano trascorse 2 ore dal precedente controllo

Punto di prelievo:

- a quota di 80 cm dal fondo dello scavo, con apposito campionatore

In caso di superamento dei valori indicati, l'Appaltatore sostituirà parzialmente od integralmente il fango per ricondurlo alle caratteristiche richieste.

La Direzione Lavori potrà esigere controlli intermedi nel corso dello scavo in funzione delle caratteristiche dei terreni incontrati, per esempio dopo l'attraversamento di strati particolarmente sabbiosi, ed ancora in funzione del rischio connesso con la vicinanza di strutture.

Per le ulteriori caratteristiche da determinare, l'Appaltatore si rivolgerà ad un laboratorio ufficiale.

In ogni caso l'Appaltatore è personalmente responsabile dell'efficienza del fango utilizzato e della stabilità degli scavi eseguiti.

Controllo dei fanghi biodegradabili

I controlli sui fanghi biodegradabili saranno condotti secondo le prescrizioni di qualità e controllo indicate dal fornitore ed approvate dalla Direzione Lavori.

7.3 Controlli di qualità dei calcestruzzi

7.3.1 Controlli precedenti il getto

Per ogni betoniera, al momento del getto si determinerà il valore di slump con il cono di Abrams verificando che esso sia compreso nei limiti di specifica fra 16 e 20 cm; calcestruzzi con valori differenti saranno rifiutati.

Per ogni betoniera saranno eseguiti i prelievi di campioni nel numero precedentemente specificato.

7.3.2 Controlli successivi al getto

A maturazione avvenuta, previa disposizione di apposita strumentazione nella gabbia di armatura, potranno essere eseguiti controlli di qualità del calcestruzzo: tali prove rientrano nel capitolo delle prove non distruttive in seguito specificate, cui si rimanda.

7.3.2.1 Carotaggi meccanici

La Direzione Lavori potrà anche richiedere, a cura e spese dell'Appaltatore, l'esecuzione di carotaggi meccanici sui pali realizzati, impiegando se necessario, utensili diamantati e doppi carotieri; sui campioni estratti saranno eseguite prove di compressione in laboratorio, a richiesta della Direzione Lavori.

I fori delle perforazioni dovranno essere successivamente cementati con iniezioni di malta o miscela cementizia (dosaggio miscela $c/a = 2$).

Qualora i carotaggi eseguiti evidenziassero difetti di qualsiasi natura:

- conglomerati non compatti e/o non omogenei
- presenza di cavità o separazione del cemento dagli inerti
- intrusioni di terreno
- fessurazioni e soluzioni di continuità

la Direzione Lavori, a proprio giudizio ed a carico dell'Appaltatore, potrà richiedere che il controllo mediante carotaggio sia esteso ad un maggior numero ed anche a tutti i pali.

A carico dell'Appaltatore resteranno tutti gli oneri necessari per risanare i difetti o danni riscontrati e, se necessario in caso di rifiuto di accettazione, di rifacimento dei pali.

7.3.2.2 Prove inclinometriche

Preventivamente alla loro realizzazione, la Direzione Lavori indicherà i pali nei quali l'Appaltatore dovrà posizionare, prima del getto, i tubi inclinometrici.

Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro F 81/76 mm, resi solidali alla gabbia di armatura a mezzo di opportune legature e sporgenti dalle corree almeno 30 cm.

Per le modalità di messa in opera e salvaguardia si rinvia a quanto specificato per i tubi sonici. Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica perfettamente efficiente, di tipo biassiale, previo rilevamento delle torsioni iniziali del tubo-guida.

La frequenza delle misure, quando non già prevista dal progetto, sarà stabilita dalla Direzione Lavori, in relazione ai programmi di scavo e messa in trazione degli eventuali tiranti.

Fornitura, posa e letture degli inclinometri saranno compensati come da Elenco Prezzi.

7.3.2.3 Prove di controllo sonico

Le prove di controllo sonico sono finalizzate a verificare l'integrità e la continuità del calcestruzzo costituente il palo, i pali destinati a tale controllo saranno indicati dalla Direzione Lavori, preventivamente alla loro realizzazione. L'Appaltatore dovrà posizionare, nei pali indicati dalla Direzione Lavori, le tubazioni metalliche (tubi sonici) necessarie all'esecuzione delle prove.

Per ciascuna opera saranno attrezzati con tubi sonici il 10% dei pali previsti per tale opera. Le prove soniche verranno eseguite su almeno il 50% dei pali attrezzati con tubi sonici.

Le prove di integrità verranno eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto.

L'importanza di queste prove è data dal fatto che esse sono le uniche a dare una garanzia pressoché assoluta sull'integrità del calcestruzzo costituente il palo.

In alternativa, in mancanza di predisposizione del palo per simili prove, si potrà procedere a prove del tipo vibrazionale eseguite dalla testa del palo (punto successivo).

Le misure devono essere eseguite almeno ogni 10 cm di avanzamento delle sonde nelle tubazioni predisposte. Esse avranno un diametro interno non inferiore a 1" 1/2.

Nel caso si individuassero anomalie, le misure saranno ripetute con le sonde a quote diverse tra di loro, al fine di stabilire se l'anomalia riscontrata è dovuta ad un piano di discontinuità oppure è provocata da cavità o inclusioni nel getto di calcestruzzo.

Le prove di integrità devono essere eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto.

Le prove di controllo sonico consistono in:

- carotaggio sonico;
- prove cross-hole.

Carotaggio sonico

Il metodo di misura consiste nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo che circonda il tubo di misura, seguendo un percorso parallelo all'asse del tubo.

La sonda sonica è composta da un elemento emettitore ed uno ricevitore, distanziati normalmente di 0.50 m.

La sonda viene fatta scorrere all'interno di un tubo; ad intervalli regolari di profondità, almeno ogni 5 cm, l'elemento emettitore genera un impulso che raggiunge il ricevitore dopo essersi propagato nel calcestruzzo.

Il risultato delle misure è una diagrafia a "densità variabile" che visualizza lo stato di integrità oppure la presenza di anomalie del calcestruzzo.

Prove Cross-hole

Le misure di cross-hole (impulso su percorso orizzontale) sonico consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra i tubi di misura.

Per l'esecuzione della prova è necessario avere almeno 2 tubi; disponendo 3 tubi, posizionati ai vertici di un triangolo equilatero, è possibile reiterare la prova e determinare con maggiore precisione le caratteristiche del getto. Il numero dei tubi e delle prove sarà definito dalla Direzione Lavori, in base anche al diametro del palo.

Saranno posti in opera tubi metallici del diametro non inferiore ad 2", manicottati ed avvitati con teflon per garantirne la tenuta idraulica, tappati al fondo, solidarizzati alla gabbia di armatura garantendo la conservazione di verticalità in fase di messa in opera. La lunghezza dei tubi sonici dovrà coprire l'intera profondità del palo, estendendosi da non meno di 30 cm dal piede ad almeno 20 cm sopra la testa del palo a piano campagna.

In fase di messa in opera saranno riempiti di acqua dolce e tappati anche in sommità.

Prima dell'esecuzione della prova si controllerà che i tubi siano ancora riempiti con acqua dolce, liberi da ostruzioni e deformazioni, consentendo quindi l'inserimento delle sonde. In caso di difetti l'Appaltatore si farà carico delle azioni correttive che la Direzione Lavori indicherà.

I tubi sono utilizzati a coppie: in uno dei due tubi viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro quella ricevente.

Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi; ad intervalli regolari di profondità, la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo.

Le misure devono essere eseguite almeno ogni 10 cm di avanzamento delle sonde nelle tubazioni predisposte. Il segnale sonico modula il pennello elettronico di un oscilloscopio la cui traccia, sincronizzata sull'istante di emissione, viene fatta traslare della stessa quantità ad ogni emissione di impulso.

Un'apparecchiatura tipo Polaroid, applicata allo schermo dell'oscilloscopio, registra fotograficamente l'escursione della traccia modulata.

Il risultato è una diagrafia a "densità variabile" che rappresenta in modo evidente l'integrità o l'eventuale presenza di anomalie del calcestruzzo nella zona compresa tra i due tubi.

Le misure vengono eseguite a partire dal fondo del palo.

L'emissione dei segnali avviene di norma ogni 2 cm di profondità.

La scala dei tempi (ascisse) è di 50 oppure 100 microsecondi/div. in funzione della lunghezza del percorso di misura.

La scala di profondità è di 1.25 m/div; su ogni fotogramma viene rappresentata una porzione di 10 cm di palo.

Nel caso si individuassero anomalie, le misure saranno ripetute con le sonde a quote diverse tra di loro, al fine di stabilire se l'anomalia riscontrata è dovuta ad un piano di discontinuità oppure è provocata da cavità o inclusioni nel getto di calcestruzzo.

Le letture saranno eseguite da impresa specializzata nel settore, per tempo indicata dall'Appaltatore alla Direzione Lavori per approvazione; le letture e le diagrafie saranno visualizzate a video in tempo reale, quindi registrate su supporto magnetico e consegnate al momento alla Direzione Lavori.; la stessa impresa specializzata in seguito presenterà il rapporto di prova con relativa interpretazione.

Dopo il completamento delle prove, in seguito ad istruzione scritta della Direzione Lavori, i tubi sonici verranno riempiti con miscela cementizia (dosaggio miscela c/a = 2); sino al momento della sigillatura l'Appaltatore resterà responsabile della integrità dei tubi per eventuali ripetizioni di prova che si rendessero necessarie.

I costi di fornitura e posa dei tubi sonici, di lettura e restituzione delle misure, sono a carico dell'Appaltatore nei limiti sopra indicati.

7.3.2.4 Prove di ammettenza meccanica

Le prove di ammettenza meccanica (Transient Dynamic Response Test) costituiscono un metodo rapido di accertamento dell'integrità del palo. I pali soggetti a prova di carico assiale saranno di norma preventivamente sottoposti anche a una prova di ammettenza meccanica. La correlazione dei risultati delle due prove potrà offrire indicazioni sulla capacità portante di pali non soggetti a prova di carico assiale sui quali venga eseguita la prova di ammettenza meccanica.

La prova viene effettuata colpendo la testa del palo con un piccolo martello contenente un trasduttore di forza. La risposta è simultaneamente misurata mediante un rilevatore di velocità fissato alla periferia del palo.

L'eccitazione dinamica può essere ottenuta anche mediante un eccitatore a masse eccentriche, in grado di applicare una forza oscillante secondo una sinusoidale di frequenza nota, variabile in genere da 20 a 100 Hz.

Il palo deve essere preparato mediante spianamento e regolarizzazione della testa; lo spessore della malta deve essere non superiore a 5 cm. Nel caso di impiego di eccitatore a masse eccentriche, occorre inserire nella testa del palo dei tirafondi di ancoraggio.

I segnali di forza e velocità sono elaborati digitalmente e memorizzati nel posto tramite una centralina di registrazione ed elaborazione dati.

Su un grafico viene registrato l'andamento della curva velocità/forza (ammettenza meccanica) in funzione della frequenza di eccitazione.

La curva ottenuta è funzione del modulo E_c del conglomerato cementizio, della rigidezza del terreno laterale e della geometria del palo.

7.4 Prove di carico

7.4.1 Generalità

Nel presente paragrafo vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove di carico su pali.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- accertare eventuali gravi deficienze esecutive nel palo;
- verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema palo-terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

7.4.2 Definizioni

Si definiscono:

- prove di collaudo le prove effettuate su pali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a 1.5 volte il carico di esercizio (P_{es});
 - prove a carico limite le prove effettuate su pali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema palo-terreno o prossimi ad essa; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ($P_{max} = P_{lim}$) è in generale pari a $2.5 \div 3$ volte il carico di esercizio (P_{es})
- nota: i pali da sottoporre a prove a carico limite potranno essere specificatamente armati per consentire il raggiungimento della rottura del sistema palo-terreno prima della rottura meccanica del palo.

7.4.3 Normative e specifiche di riferimento

Valgono oltre alle Norme italiane, la Normativa ASTM D1143-81 "Standard Test Method for Piles under static axial compressive load".

7.4.4 Numero e ubicazione dei pali di prova

Il numero e l'ubicazione dei pali da sottoporre a prova di carico devono essere stabiliti in funzione dell'importanza dell'opera, dell'affidabilità in termini quantitativi dei dati geotecnici disponibili e del grado di omogeneità del terreno.

L'Appaltatore dovrà al minimo effettuare prove di carico assiale in ragione di:

- prove di carico distruttiva 1 per ogni tipo di palo e per terreni geognosticamente equivalenti
- prova di carico non distruttiva 1% dei pali

Per le prove di carico laterale, la frequenza sarà quella indicata dal progettista e approvata dalla Direzione Lavori.

I pali soggetti a prova di carico assiale saranno sottoposti anche a prova di ammettenza meccanica per valutare, tramite correlazione, la capacità portante statica di pali soggetti solo a prove dinamiche.

Caratteristiche dei pali di prova

Le caratteristiche dei pali di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, ecc.) devono essere del tutto simili a quelli dei pali dimensionati in fase di progetto.

7.4.5 Prove di carico assiale

Definizione dei carichi di prova

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista e/o dalla Direzione Lavori, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova P_{prova} sarà:

$$\begin{aligned} P_{prova} &= 1.5 P_{esercizio} && \text{per prove di collaudo} \\ P_{prova} &= P_{lim} && \text{per prove a carico limite} \end{aligned}$$

ove con P_{lim} si indica la portata limite dell'insieme palo-terreno.

Attrezzatura e dispositivi di prova

Dispositivi per l'applicazione e per la misura del carico

Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa ≥ 200 mm, posizionati in modo da essere perfettamente centrati rispetto all'asse del palo.

I martinetti saranno azionati da una pompa idraulica esterna. Martinetti e manometro della pompa saranno corredati da un certificato di taratura recente (< 3 mesi).

Nel caso di impiego di più martinetti occorre che:

- i martinetti siano uguali;
- l'alimentazione del circuito idraulico sia unica.

La reazione di contrasto sarà di norma ottenuta tramite una zavorra il cui peso M dovrà essere non inferiore a 1,2 volte la massa equivalente al massimo carico di prova:

$$M > 1,2 * P_{\text{prova}}$$

La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidità sul cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripartizione, vanno posizionati blocchi di cls o roccia.

In alternativa, e se autorizzato dalla Direzione Lavori, la zavorra potrà essere sostituita con:

- pali di contrasto, dimensionati a trazione;
- tiranti di ancoraggio collegati ad un dispositivo di contrasto.

In questi casi si avrà cura di ubicare i pali o i bulbi di ancoraggio dei tiranti a sufficiente distanza dal palo di prova (minimo 5 diametri del palo).

Qualora sia richiesto l'uso di una centralina oleodinamica preposta a fornire al/ai martinetto/i la pressione necessaria, questa dovrà essere di tipo sufficientemente automatizzato per poter impostare il carico con la velocità richiesta, variarla in caso di necessità e mantenere costante il carico durante le soste programmate.

A tal fine l'Appaltatore dovrà disporre di un sistema di comando costituito da un pannello di facile utilizzo (oppure di una tastiera collegata all'eventuale microprocessore di controllo); per misurare il carico applicato alla testa del palo si interporrà tra il martinetto di spinta ed il palo una cella di carico del tipo ad estensimetri elettrici di opportuno fondo scala.

Nel caso non fosse disponibile tale tipo di cella, il carico imposto al palo verrà determinato in base alla pressione fornita ai martinetti misurata con un manometro oppure, dove previsto, misurata con continuità da un trasduttore di pressione collegato al sistema di acquisizione automatico e, in parallelo, con un manometro.

Il manometro ed il trasduttore di pressione, se utilizzati, dovranno essere corredati da un rapporto di taratura rilasciato da non più di 3 mesi da un laboratorio ufficiale.

Lo strumento di misura dovrà avere fondo scala e precisione adeguati e non inferiore al 5% del carico applicato per i manometri e del 2% per le celle di carico.

Se viene impiegato soltanto il manometro, il relativo quadrante dovrà avere tacche di divisione adeguate alla agevole lettura con la precisione richiesta.

Nel caso in cui il carico applicato al palo venga calcolato attraverso la misura di pressione fornita ai martinetti l'Appaltatore dovrà presentare, preliminarmente alla prova, il certificato di taratura dell'insieme martinetto/i e strumento di misura della pressione.

E' raccomandato l'inserimento di un dispositivo automatico in grado di mantenere costante (± 20 kN) il carico applicato sul palo, per tutta la durata di un gradino di carico ed indipendentemente dagli abbassamenti della testa del palo.

Dispositivi per la misura dei cedimenti

Saranno utilizzati non meno di tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti a 120° intorno all'insieme palo-terreno.

Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi al terreno ad una distanza di almeno 3 diametri dal palo e comunque a non meno di 3 metri.

Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante tendaggio.

Preliminarmente all'esecuzione delle prove saranno eseguiti cicli di misure a carico nullo, allo scopo di determinare l'influenza delle variazioni termiche e/o di eventuali altre cause di disturbo.

Dette misure, compreso anche il rilievo della temperatura, saranno effettuate per un periodo di 24 ore con frequenze di 2 ore circa.

Preparazione della prova

Preparazione dei pali da sottoporre a prova

I pali prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del cls e messa a nudo del fusto per un tratto di ~ 50 cm.

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite le staffe metalliche, equamente distribuite sulla circonferenza per la successiva apposizione dei micrometri.

Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore, oppure una lastra di piombo al fine di omogeneizzare la distribuzione del carico.

Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di diametro e spessore adeguato, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice.

Realizzazione del contrasto

La zavorra sarà posizionata dopo avere preliminarmente disposto la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 diametri dall'asse del palo.

L'altezza dei due muretti deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti. In ogni caso l'altezza deve essere tale da consentire le operazioni di lettura con sufficiente agio ($h_{\min} = 1.5$ m).

Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centratura del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Questo dispositivo può essere realizzato mediante un giunto a rotula, costituito da una sfera di acciaio Φ 50 mm circa, inserita entro due piastre metalliche dotate di opportune cavità porta-sfera.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave o struttura di contrasto faccia capo a pali o tiranti di ancoraggio.

Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alla finalità della prova.

Di norma si prevedono due cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

1° Ciclo

- Applicazione di "n" ($n \geq 4$) gradini di carico successivi, di entità pari a δP , fino a raggiungere il carico P_{es}
- In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

t = 0 (applicazione del carico)

t = 2'

t = 4'

t = 8'

t = 15'

Si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

Il cedimento è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la seguente condizione tra due misure successive ($\delta t = 15'$):

$$\delta s \leq 0.0025 \text{ mm}$$

- Per il livello corrispondente a P_{es} il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi, si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a $t=0$, $t=5'$, $t=10'$, $t=15'$

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a $t=30'$, $t=45'$ e $t=60'$.

2° Ciclo

- Applicazione di "m" ($m \geq 9$) gradini di carico δP fino a raggiungere il carico P_{prova} (o P_{lim})
- In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni indicate per il 1° ciclo.

Il carico P_{prova} , quando minore di P_{lim} , sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi, il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini (di entità $3 \delta P$) con misure a $t = 0$, $t = 5'$, $t = 10'$ e $t = 15'$. A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a $t = 60'$. Una lettura finale dovrà essere effettuata 12 ore dopo che il palo è stato completamente scaricato. Si considererà raggiunto il carico limite P_{lim} , e conseguentemente si interromperà la prova, allorché risulti verificata una delle seguenti condizioni:

- cedimento (P_{lim}) ≥ 2 cedimento ($P_{lim} - \delta P$)
- cedimento (P_{lim}) $> 0.10 \cdot s$

ove s indica il diametro del palo.

Documentazione delle prove

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- il n° del palo;
- l'orario di ogni singola operazione;
- la temperatura;
- il carico applicato;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;

- le corrispondenti misure di ogni comparatore;
- i relativi valori medi;
- le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento, controfirmate dalla Direzione Lavori e dall'Appaltatore, costituiranno il verbale della prova.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento con le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica; sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere ("verbale").
- diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio;
- diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo: lunghezza e diametro;
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (per pali trivellati);
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, etc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione
- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo delle inverse pendenze.

7.4.6 Prove di carico laterale

Queste prove sono da prevedersi nei casi in cui ai pali di fondazione è affidato il compito di trasmettere al terreno carichi orizzontali di rilevante entità.

Il numero ed i pali da sottoporre a prova sarà definito dal progettista e/o dalla Direzione Lavori.

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale, salvo quanto qui di seguito specificato.

Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un palo di caratteristiche geometriche analoghe o maggiori, distante almeno 3 diametri.

Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidezza.

Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pali. Si utilizzeranno per ciascun palo 2 coppie di comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico; la seconda coppia sarà disposta in corrispondenza dell'asse trasversale alla direzione di carico.

Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, la Direzione Lavori indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, dei tubi inclinometrici.

Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro 81/76 mm, resi solidali alla gabbia di armatura a mezzo di opportune legature.

Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica perfettamente efficiente, di tipo biassiale, previo rilevamento delle torsioni iniziali del tubo-guida.

Se richiesto dalla Direzione Lavori anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

7.4.7 Prove di carico su pali strumentati

a) Generalità

Quando richiesto, le prove di carico assiali, oltre che per definire la curva carico-cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e della curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo.

Analogamente, quando richiesto, per le prove di carico laterali, oltre che di definire la curva carico-spostamento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione delle sollecitazioni e delle deformazioni lungo il palo, sino a poter ricostruire il diagramma di reazione del terreno.

Pertanto, dovranno essere predisposte una serie di sezioni strumentate nel fusto del palo, e anche alla base del palo stesso. I dispositivi indicati nel presente paragrafo sono pertanto da considerarsi aggiuntivi rispetto a quanto descritto per prove su pali non strumentati.

Per i pali strumentati, ad ultimazione del getto, verrà eseguito un controllo generale della strumentazione per constatare eventuali guasti dovuti alle operazioni di realizzazione del palo.

Ulteriori controlli con registrazione dei dati verranno eseguiti a 7, 14 e 28 giorni ed immediatamente prima della prova di carico. Quest'ultima costituirà la misura di origine per le successive letture.

b) Attrezzature e dispositivi di prova

b1) Strumentazione lungo il fusto del palo

Il numero e l'ubicazione delle sezioni strumentate sarà stabilito di volta in volta in accordo con la Direzione Lavori. In ogni caso dovranno essere previste almeno 3 sezioni strumentate.

Indicativamente la sezione strumentata superiore sarà ubicata in prossimità della testa del palo, esternamente al terreno.

Qualora non fosse possibile realizzare la sezione strumentata di testa al di sopra del piano lavoro, dopo l'esecuzione del palo si procederà ad isolare il palo dal terreno sovrastante fino alla quota della sezione strumentata di testa; in questo caso la sezione strumentata di testa sarà posizionata il più vicino possibile al piano lavoro. Le dimensioni geometriche di questa sezione strumentata dovranno essere accuratamente misurate prima delle prove. Tale sezione consentirà di avere indicazioni sul modulo del calcestruzzo in corrispondenza dei vari gradini di carico e sarà di riferimento per il comportamento di tutte le altre.

Ogni sezione strumentata sarà costituita da almeno 3 estensimetri elettrici disposti su di una circonferenza, a circa 120° l'uno dall'altro. Le celle estensimetriche saranno fissate all'armatura longitudinale e protette dal contatto diretto con il calcestruzzo.

Esse saranno corredate di rapporto di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale. Per ogni sezione strumentata si ammetteranno tolleranze non superiori a 10 cm rispetto alla quota teorica degli estensimetri elettrici.

b2) Strumentazione alla base del palo

La punta del palo verrà strumentata mediante una cella di carico costituita da estensimetri elettrici.

La sezione verrà ubicata ad 1 diametro circa dalla base del palo.

La misura degli spostamenti alla base del palo verrà realizzata con un estensimetro meccanico a base lunga; esso misurerà le deformazioni relative tra la base e la testa del palo.

L'ancoraggio dello strumento sarà posizionato alla quota degli estensimetri elettrici e la misura sarà riportata in superficie mediante un'asta di acciaio rigida avente coefficiente di dilatazione termica comparabile con quello del calcestruzzo.

Sarà eliminato il contatto con il calcestruzzo circostante mediante una tubazione rigida di acciaio di circa 1" di diametro esterno.

Particolare cura sarà posta nel rendere minimo l'attrito tra asta interna e tubazione esterna utilizzando, ad esempio, distanziali di materiale antifrizione e altri sistemi analoghi, prestando attenzione ad usarne un numero sufficiente, ma non eccessivo.

Occorrerà garantire una perfetta tenuta tra l'ancoraggio ed il tubo esterno al fine di evitare intrusioni di calcestruzzo nell'intercapedine asta-tubo di protezione all'atto del getto, pena il non funzionamento dello strumento.

Come per gli altri tipi di tubazione anche questa sarà portata sino in superficie a fuoriuscire dalla testa del palo a fianco della piastra di ripartizione.

In questo punto verranno installati dei trasduttori di spostamento lineari con fondo scala di circa 20÷30 mm e precisione dello 0,2% del fondo scala, per la misura in continuo degli spostamenti relativi fra il tubo di protezione (testa del palo) e l'ancoraggio solidale alla base del palo.

La testa di questo strumento andrà adeguatamente protetta contro avverse condizioni atmosferiche, contro urti meccanici accidentali e contro variazioni di temperatura.

c) Metodologie d'installazione degli estensimetri elettrici

Gli estensimetri andranno fissati alle staffe dell'armatura e saranno dotati di barre di prolunga in acciaio da entrambi i lati non inferiori a 50 cm.

Gli strumenti saranno adeguatamente protetti da possibili urti del tubo getto con rinforzi e protezioni in acciaio da definirsi sul posto.

Tutti i cavi elettrici provenienti dagli estensimetri dovranno essere protetti dal diretto contatto meccanico con i ferri d'armatura, i quali non sempre sono privi di asperità che potrebbero incidere le guaine, alterandone il fattore di isolamento.

Quest'ultima condizione può essere realizzata con diverse modalità; se ne riporta qui di seguito un esempio.

Nel caso la gabbia sia realizzata con tondi ad aderenza migliorata e con una spirale come staffa, i cavi singoli andranno protetti con tubazioni di PVC rinforzate sino alla testa del palo o sino a confluire in tubi di acciaio verticali, in genere di circa 2" di diametro, ognuno dei quali provvede a proteggere un certo numero di cavi sino all'uscita dalla testa.

Normalmente si farà in modo che le tubazioni da inserire nella gabbia siano simmetricamente disposte all'interno della sezione.

L'uscita dei cavi dalla testa del palo non dovrà costituire un ingombro alle operazioni successive.

d) Preparazione ed esecuzione della prova

Si applicano integralmente le specifiche già indicate per pali non strumentati.

SEZIONE 7B - MICROPALI

1 DEFINIZIONI

La presente sezione si riferisce alle seguenti tipologie di micropali:

- a semplice cementazione
- ad iniezioni multiple selettive

Si definiscono micropali a semplice cementazione quelli realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica, e solidarizzati al terreno mediante il getto di una malta o di una miscela cementizia.

L'armatura metallica può essere costituita:

- da un tubo senza saldature, con o senza valvole;
- da un profilato metallico della serie UNI a doppio piano di simmetria;
- da una gabbia di armatura costituita da ferri longitudinali correnti del tipo ad aderenza migliorata (a.m.), e da una staffatura esterna costituita da anelli o spirale continua in tondo a.m. o liscio;
- da un unico ferro longitudinale corrente ad aderenza migliorata, in assenza di staffatura; tale particolare tipologia di armatura è tipica di palificate in cui è necessaria una alta diffusione di micropali a basso carico e bassa inerzia: micropali tipo "radice", palificate di "presidio" di fondazioni esistenti da scavi in corso.

La cementazione può avvenire a semplice gravità, o a bassa pressione mediante un circuito a tenuta facente capo ad un dispositivo posto a bocca foro.

Successivamente alla cementazione iniziale i micropali potranno essere iniettati a pressione, ove siano state predisposte delle valvole apposite nel corpo della armatura tubolare o in apposite tubazioni introdotte a latere della armatura (micropali ad iniezione multipla selettiva)

Il campo applicativo dei micropali, in funzione delle finalità d'uso, risulta:

- fondazione profonda di strutture
- sottofondazione di strutture preesistenti
- elementi verticali di paratie tipo "berlinese"
- elementi suborizzontali di presostegno allo scavo di gallerie
- consolidamento di opere murarie preesistenti
- elementi di terra armata e consolidata
- protezione di fondazioni esistenti a presidio da futuri scavi

2 NORME DI MISURAZIONE

La misurazione dei micropali ai fini della applicazione delle corrispondenti voci di prezzo è eseguita a metro lineare di micropalo realizzato e secondo il diametro di progetto.

La misurazione della lunghezza realizzata verrà effettuata computando, a partire dal piano di lavoro, la profondità prevista dal progetto approvato od altra profondità ordinata dalla Direzione Lavori in corso di esecuzione ed effettivamente raggiunta.

Nei prezzi di realizzazione dei micropali si intendono compensati tutti gli oneri principali ed accessori quali:

- la predisposizione dei piani di lavoro; il tracciamento ed il picchettamento dei micropali
- la preparazione dei fanghi di perforazione e la loro gestione
- l'impiego del rivestimento provvisorio e della rotopercolazione, quando necessari
- la perforazione ed i controlli in corso di perforazione come di seguito specificati
- il trasporto a discarica dei materiali di risulta con mezzi stagni; gli oneri di discarica
- gli oneri per eventuali rinvenimenti o attraversamenti di manufatti interrati
- i maggiori consumi di fanghi e di miscele cementizie per problemi vari, inclusi maggiori quote di getto rispetto quelle di progetto e gli sfridi
- il rilievo e la registrazione dei parametri di perforazione
- ogni maggior onere di perforazione e cementazione derivante dall'adozione di diametri di perforazione maggiori di quelli di progetto, per mancata disponibilità di utensili di perforazione identificanti il diametro di progetto
- ogni maggior onere derivante dall'adozione di armature non corrispondenti a quelle di progetto, e comunque approvate dalla Direzione Lavori

- la pulizia del fondo foro dai detriti di perforazione, a perforazione ultimata
- la posa in opera delle armature anche in presenza di fanghi; la fornitura e la posa dei distanziatori laterali
- la scapitozzatura finale e la regolarizzazione delle testate
- i controlli come specificati di seguito
- quant'altro previsto nella presente specifica come lavorazione annessa alla realizzazione dei micropali

L'armatura, in gabbie o tubolari o semplici barre, sarà compensata per chilogrammo di armatura messa in opera; il peso della armatura sarà computato dalle tavole di progetto; nel caso di gabbie si prenderanno in conto tutte le lunghezze di ferro ivi disegnate: eventuali barre aggiuntive, decise dall'Appaltatore per facilitare il trasporto e la posa della gabbia, ricadranno a carico del medesimo Appaltatore.

Sarà compensata a parte l'adozione del sistema tipo Odex e del sistema tipo Symmetrix quando previsto nel progetto o a seguito di richiesta della Direzione Lavori.

3 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

3.1.1 Tolleranze di costruzione

I micropali dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto per esigenze specifiche:

- coordinate planimetriche dell'asse del micropalo nel punto di intestazione: ± 5 cm
- scostamento dall'asse teorico ± 1 %
- lunghezza ± 15 cm
- diametro finito ± 5 %
- quota testa micropalo ± 5 cm

3.1.2 Preparazione del piano di lavoro. Tracciamenti

L'Appaltatore avrà cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei, servendosi di disegni e mappe reperibili presso gli enti comunali ed i gestori dei servizi. Al fine di evitare interruzioni al servizio pubblico e danni al personale di cantiere, prima di iniziare le lavorazioni, se necessario, l'Appaltatore dovrà concordare con la Direzione Lavori un programma di bonifica della zona da trattare, compresa l'individuazione e la eventuale rimozione di ordigni bellici. Gli oneri relativi a questo servizio, se non compensati con specifiche voci di prezzo, saranno ritenuti a carico dell'Appaltatore stesso.

Il piano di lavoro sarà predisposto con una gettata di magrone o con un riporto pressato di materiale arido drenante.

Il piano di lavoro dovrà essere mantenuto pulito, illuminato e sempre percorribile dalle attrezzature impiegate e dal personale addetto al loro funzionamento e controllo; apposite canalette di raccolta e di scolo, opportunamente posizionate ed inclinate, favoriranno il deflusso delle acque di scarico e meteoriche in appositi punti di raccolta (pozzetti), dai quali per mezzo di pompe o di altri sistemi di aggotamento, saranno definitivamente allontanate. Tutti i materiali di risulta, inclusi i fluidi, dovranno essere trasportati nelle apposite discariche, utilizzando mezzi di trasporto idonei; in particolare per i liquidi ed i fanghi dovranno essere utilizzati cassoni stagni. In presenza di valori anomali del pH, i liquidi e/o i fanghi dovranno essere opportunamente trattati o, se possibile, riciclati.

Prima di iniziare il lavoro l'Appaltatore dovrà indicare sul terreno la posizione degli assi di perforazione dei micropali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza di ciascun elemento.

Prima dell'inizio delle lavorazioni l'Appaltatore dovrà redigere e presentare alla Direzione Lavori un disegno, il quale indichi la posizione di tutti i micropali contrassegnati con un numero progressivo; in apposita tabella saranno anche riportate tutte le caratteristiche geometriche dei fori e delle armature da installare, come da indicazioni del progettista, oltre alle coordinate dei micropali più significativi (ad esempio i micropali di spigolo). Qualsiasi sistema utilizzato per il tracciamento dei fori dovrà consentire l'individuazione degli assi relativi a ciascuna colonna, in qualsiasi momento, anche ad intervento concluso.

3.1.3 Altre prescrizioni ed oneri generali

- a) Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori una planimetria riportante la posizione di tutti i micropali da realizzare, inclusi quelli di prova; ciascun micropalo dovrà essere

identificato da un numero progressivo e dovrà recare specifica indicazione di sequenza. Sulla planimetria devono essere chiaramente indicate le tipologie e le dimensioni di ciascun micropalo.

- b) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle indagini necessarie ad accertare l'eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (fondazioni abbandonate, cunicoli e fognature fuori servizio nonché eventuali reperti archeologici), dei sottoservizi (cavi elettrici e telefonici, tubazioni per il trasporto di acqua e gas, tubazioni per il teleriscaldamento), fognature e qualsiasi altro sistema di scarico e/o prelievo di acque bianche e nere (pluviali, cunicoli, pozzi, ecc), che potrebbero interferire con i micropali da realizzare. Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle eventuali opere di bonifica, mediante sostituzione e/o deviazione e/o rimozione di tali ostacoli prima di dare corso alle attività di perforazione, previo accordo con la Direzione Lavori e con gli enti gestori dei sottoservizi interessati. L'Appaltatore dovrà eseguire a propria cura la ricerca ed eventuale eliminazione di ordigni bellici interrati.
- c) L'Appaltatore, in accordo col programma generale d'esecuzione dell'opera, dovrà redigere un programma esecutivo relativo alle opere specializzate in oggetto da realizzare, indicando il numero, la classe e la capacità operativa di tutte le attrezzature e gli impianti previsti, nonché delle squadre di personale addetto al loro corretto funzionamento (qualifica e numero). Sarà altresì cura dell'Appaltatore selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali, morfologiche, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni.
- d) Sarà obbligo dell'Appaltatore adottare tutti gli accorgimenti previsti dalla normativa in vigore alla data in cui verranno eseguite le lavorazioni, atti a ridurre e contenere ogni tipo di rischio e disturbo alle persone che eseguiranno i lavori nonché ai residenti delle zone in cui i lavori saranno eseguiti. Sarà altresì cura dell'Appaltatore evitare che le diverse operazioni possano arrecare danno ad opere e manufatti preesistenti.
- e) Sarà obbligo dell'Appaltatore provvedere all'indicazione delle discariche autorizzate presso le quali saranno depositati i fanghi ed i materiali di risulta provenienti dall'esecuzione dei micropali e dalle lavorazioni a loro connesse, incluse eventuali opere provvisorie e di presidio. Il trasporto a discarica dei suddetti materiali dovrà essere eseguito immediatamente, utilizzando idonei mezzi di trasporto dotati di contenitori e/o cassoni stagni in caso di materiali umidi. In ogni caso tale operazione dovrà essere eseguita nel rispetto delle leggi vigenti alla data della sua esecuzione ed in accordo ai regolamenti comunali (traffico, rumorosità, pulizia delle strade).
- f) Sarà cura dell'Appaltatore far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato e dalle Specifiche di Controllo Qualità, così come quelli integrativi che a giudizio della Direzione Lavori e dell'Appaltatore si rendessero necessari per garantire la qualità e le caratteristiche previste da progetto.
- g) L'Appaltatore realizzerà tutte le opere provvisorie e/o di presidio che si rendesse necessario realizzare per la salvaguardia di opere preesistenti, quali fabbricati e/o manufatti. Tali opere, previste in progetto e/o ordinate dalla Direzione Lavori, saranno compensate con i prezzi di elenco.

3.1.4 Prove tecnologiche preliminari

La tipologia delle attrezzature ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dall'Appaltatore alla Direzione Lavori.

Se richiesto dalla Direzione Lavori, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità di tali attrezzature e delle modalità di esecuzione sarà verificata mediante l'esecuzione di un campo prove preliminare, la cui geometria e modalità esecutiva saranno fissate in funzione delle necessità progettuali. In ogni caso l'Appaltatore eseguirà a proprie spese una campagna di qualificazione dei prodotti impiegati e delle miscele ottenute, i cui risultati, se accettati dalla Direzione Lavori, avranno valore di riferimento per i controlli descritti nel relativo paragrafo.

Nel caso in cui sia decisa l'esecuzione del campo prova, l'Appaltatore dovrà redigere e presentare alla Direzione Lavori il relativo progetto indicante al minimo: numero dei fori ed interasse relativo, tipo di miscela/e e quantità da iniettare con relativa pressione; prove su materiali, numero e posizione delle eventuali prove di carico. L'approvazione del progetto spetta alla Direzione Lavori che ne autorizzerà o meno l'esecuzione.

L'esito del campo prove sarà raccolto in una relazione tecnica finale che verrà presentata alla Direzione Lavori. L'approvazione di quest'ultima autorizzerà l'Appaltatore ad iniziare le lavorazioni di progetto adottando le stesse procedure del campo prova.

In ogni caso, prima dell'inizio della fase lavorativa ed in presenza o meno di campo prove, l'Appaltatore dovrà sottoporre alla Direzione Lavori il proprio piano esecutivo, specificando il metodo di lavoro che sarà adottato ed eventuali variazioni rispetto alle definizioni approvate nel campo prove, se eseguito.

In particolare, specificherà:

- la metodologia esecutiva del sistema adottato
- la distribuzione planimetrica degli assi dei micropali al fine di garantire la riuscita del trattamento rispettando le indicazioni e gli obiettivi del progettista, prendendo in conto gli scostamenti risultanti dalla più sfavorevole concomitanza di deviazioni ammesse nelle tolleranze
- la distanza minima da mantenere tra attività concomitanti di perforazione ed iniezione.

4 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

4.1.1 Soggezioni geotecniche ed ambientali

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più idonee in relazione alla natura del terreno attraversato ed alle condizioni ambientali attigue. In particolare, dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare il franamento delle pareti del foro, la contaminazione delle armature, l'interruzione e/o l'inglobamento di terreno nella guaina cementizia che solidarizza l'armatura al terreno circostante.

L'Appaltatore prima di iniziare la realizzazione dei micropali è tenuto alla puntuale verifica delle situazioni di dettaglio per la scelta mirata delle tecnologie più idonee.

Le perforazioni dovranno essere eseguite con il rivestimento del foro attraverso tubo forma e con la circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile.

In casi particolari, dove previsto dal progetto o a richiesta della D.L, il tubo forma di rivestimento costituirà l'armatura definitiva del micropalo (sistema tipo Odex e tipo Symmetrix).

L'impiego di fluidi di perforazione diversi da acqua e aria compressa dovrà essere sottoposto all'approvazione preventiva dei responsabili di sicurezza del cantiere, cui l'Appaltatore dovrà presentare per tempo certificati, schede di sicurezza e tutta la documentazione identificatrice del prodotto.

Sono quindi consentiti i prodotti indicati nel seguente elenco:

- fanghi bentonitici, per i soli micropali senza funzione portante assiale;
- acqua;
- fanghi polimerici, purché biodegradabili e comunque conformi alle normative vigenti sulla sicurezza ed igiene sul lavoro;
- miscele cementizie, purché il rapporto acqua/cemento soddisfi le condizioni imposte dal progettista ed approvate dalla Direzione Lavori;
- schiuma;
- miscela di aria e schiuma, in sistemi di perforazione a rotazione ed a rotopercolazione;
- aria; l'impiego di sola aria in genere è da sconsigliare, specie in terreni asciutti, per la grande quantità di polvere che si produce, salvo l'adozione di sistemi di abbattimento delle polveri la cui efficacia andrà comprovata in cantiere per la finale accettazione della Direzione Lavori e dei responsabili della sicurezza di cantiere. La miscela di aria e tensioattivi, più generalmente chiamati schiume, non ha particolari controindicazioni. Questo sistema è sempre lecito a due condizioni:
 - L'acqua che sarà impiegata dall'Appaltatore, pura e/o mescolata agli altri prodotti per l'ottenimento dei fanghi, dovrà essere opportunamente analizzata da un laboratorio di gradimento della Direzione Lavori. Le analisi saranno ripetute con frequenza trimestrale o, in casi particolari, con modalità e frequenze da stabilire secondo accordi con la Direzione Lavori, alla quale dovrà essere consegnata una copia dei certificati relativi.
 - In assenza di tutta o parte della documentazione sopra indicata, (certificazione dell'acqua e dei prodotti relativi alla formazione dei fluidi di perforazione), l'Appaltatore non potrà eseguire le lavorazioni e sarà ritenuto responsabile dei ritardi conseguenti, compresi tutti gli oneri che ne dovessero derivare.

La perforazione "a secco", ossia senza la circolazione di qualsiasi tipo di fluido, può essere adottata con l'impiego di utensili che consentono l'asportazione e/o la compattazione del terreno (elicke, vibratori, ecc.), senza compromettere la stabilità del foro.

Nel caso di impiego di sistemi a secco, sia mediante martello a fondo foro che mediante dispositivi di battuta esterni applicati alla testa di rotazione, o altri come la vibrazione, l'Appaltatore dovrà assicurare il rispetto delle

norme UNI 9916-DIN 4150-3, in merito ai limiti delle vibrazioni, eventualmente eseguendo misure di controllo delle vibrazioni indotte e del rumore prodotto.

Qualsiasi tecnologia utilizzata deve in ogni caso rispettare le leggi vigenti in materia di sicurezza ed igiene sul lavoro e non deve essere in contrasto con le disposizioni relative al regolamento comunale.

L'Appaltatore, prima di inviare le attrezzature in cantiere, dovrà sottoporre la relativa documentazione tecnica alla Direzione Lavori, la quale ne verificherà l'idoneità per quanto concerne il tipo e classe relativamente alle lavorazioni previste ed ai tempi di programma, fermo restando la responsabilità dell'Appaltatore per quanto riguarda la loro adeguatezza e la loro efficienza.

Qualora in corso d'opera le attrezzature inviate in cantiere dall'Appaltatore non dovessero per qualsiasi motivo risultare idonee alle lavorazioni da eseguire, o non efficienti, o non conformi alle leggi e ai regolamenti vigenti, dovranno essere immediatamente sostituite o modificate o integrate, a cura e spese dell'Appaltatore stesso.

5 MATERIALI

5.1.1 Armature

Le armature dei micropali con funzioni portanti assiali dovranno essere dotate di idonei centratori che garantiscano il corretto posizionamento dell'armatura nel foro. I centratori dovranno essere vincolati lungo l'armatura per mezzo di punti di saldatura, collari componibili, collanti speciali o con qualsiasi altro mezzo precedentemente concordato ed accettato dalla Direzione Lavori. Materiale costruttivo e frequenza/spaziatura dei centratori lungo il fusto del micropalo dovranno essere preventivamente concordati, fin dall'esecuzione dell'eventuale campo prova, con il progettista ed approvati dalla Direzione Lavori

5.1.1.1 Tubi in acciaio

È prescritto l'impiego di tubi aventi caratteristiche geometriche e qualità dell'acciaio conformi a quanto indicato nei disegni di progetto.

I tubi dovranno essere del tipo senza saldature, con giunzioni a mezzo di manicotto filettato esterno. In alcuni casi sarà possibile porre in opera armature monolitiche o comunque preassemblate, anche mediante saldatura, previa autorizzazione della Direzione Lavori

Sarà facoltà della Direzione Lavori chiedere all'Appaltatore di far eseguire tutte le verifiche relative alla resistenza meccanica, alla qualità ed al tipo di acciaio costituente l'armatura stessa, presso un laboratorio ufficiale e/o comunque di gradimento della Direzione Lavori; potranno essere richieste prove delle giunzioni saldate, se autorizzate.

Le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, saldatura, dimensioni e sezioni utili) dovranno consentire una trazione ammissibile pari almeno all'80% del carico ammissibile a compressione.

È ammesso l'impiego di tubi di produzione non nazionale, di caratteristiche meccaniche equivalenti a quanto prescritto in progetto. La qualità dell'acciaio deve essere certificata in conformità con le Norme richiamate al Sezione 0 del CSA; in particolare, in caso di tubi di produzione non nazionale, sarà controllato il contenuto di carbonio ed andranno obbligatoriamente eseguite tutte le prove di saldabilità dei medesimi.

Le valvole di iniezione, ove previste, saranno del tipo a manchette. Nel caso di impiego della tecnologia tipo Odex i tubi dovranno essere attrezzati in congruenza con valvole a scomparsa.

5.1.1.2 Profilati in acciaio

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei profilati dovranno essere conformi a quanto prescritto nei disegni di progetto.

Di norma i profilati dovranno essere costituiti da elementi unici.

Saranno ammesse giunzioni saldate e/o imbullonate, realizzate con l'impiego di adeguati fazzoletti laterali, nel caso di lunghezze superiori ai valori degli standard commerciali (12 ÷ 14 m).

Le saldature saranno dimensionate ed eseguite in conformità alle norme in vigore; le saldature dovranno essere eseguite da un operatore qualificato secondo la norma UNI EN ISO 9606.

Il tipo di giunzione scelta, prima di essere adottata, dovrà essere sottoposta a verifica statica, della quale sarà fornita copia alla Direzione Lavori per approvazione.

5.1.1.3 Gabbie

Le armature dovranno soddisfare le prescrizioni delle normative di riferimento per le costruzioni in cemento armato, essere conformi al progetto ed approvate dalla Direzione Lavori

Le armature metalliche saranno di norma costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei micropali saranno costituite da staffe o da una spirale in tondino, esterne ai ferri longitudinali.

Per micropali di minor diametro e minor carico potrà essere prevista una armatura costituita da una singola barra longitudinale ad aderenza migliorata.

I micropali costruiti in zona sismica dovranno essere armati per tutta la lunghezza.

Le armature potranno essere preassemblate fuori opera; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro e/o morsetti.

Le gabbie di armatura, all'atto della messa in opera, dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine.

5.1.2 Malte e miscele cementizie di iniezione

5.1.2.1 Caratteristiche dei componenti

L'Appaltatore deve accertarsi preventivamente che i materiali, aventi le caratteristiche qui richieste, siano disponibili in quantità sufficiente a coprire l'intero prevedibile fabbisogno per l'esecuzione dei micropali previsti in progetto.

Ogni qualvolta si verificheranno variazioni delle caratteristiche dei materiali, l'Appaltatore dovrà fornire le prove di accettabilità dei materiali, se richieste dalla Direzione Lavori

5.1.2.2 Cementi

Il cemento impiegato deve essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

5.1.2.3 Inerti

Gli inerti saranno di norma utilizzati solo per il confezionamento di malte da utilizzare per il getto dei micropali a semplice cementazione.

In relazione alle prescrizioni di progetto l'inerte sarà costituito da sabbie fini, polveri di quarzo, polveri di calcare, o ceneri volanti.

Nel caso di impiego di ceneri volanti, ad esempio provenienti dai filtri di altoforni, si dovrà utilizzare materiale totalmente passante al vaglio da 0.075 mm. Previa autorizzazione della Direzione Lavori, le ceneri volanti possono essere utilizzate anche nelle preparazioni delle miscele cementizie.

5.1.2.4 Acqua di impasto

L'acqua da impiegarsi nelle malte dei micropali dovrà essere dolce, limpida e scevra di materie terrose, non inquinata da materie organiche; dovrà essere definita la sua provenienza ed avere caratteristiche costanti nel tempo e rispondenti ai requisiti in tabella sottostante ed alla norma relativa vigente.

TABELLA PER LA DEFINIZIONE DELL'ACQUA D'IMPASTO

Caratteristica	Tipo di prova	Limiti di accettabilità
PH	Analisi chimica	da 5,5 a 8,5
Contenuto di solfati	Analisi chimica	SO ₄ ⁻ minore 800 mg/litro
Contenuto di cloruri	Analisi chimica	Cl ⁻ minore 300 mg/litro
Contenuto di acido solfidrico	Analisi chimica	minore 50 mg/litro
Contenuto di sali minerali	Analisi chimica	Minore 3000 mg/litro
Con. di sostanze organiche	Analisi chimica	minore 100 mg/litro
Con. Di sostanze solide sospese	Analisi chimica	Minore 2000 mg/litro

5.1.2.5 Additivi

Il loro impiego, come per ogni altro componente, dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nella composizione della miscela della malta cementizia progettata.

Tutti gli additivi impiegati dovranno essere conformi alle norme UNI vigenti e per tutti sarà richiesta una specifica documentazione indicante le caratteristiche chimico-fisiche nonché la "spettrografia dell'analisi a raggi infrarossi" che attesti la totale corrispondenza del prodotto alle specifiche dichiarate.

Tali prodotti dovranno essere conformi alle norme vigenti (UNI dalla 7101 alla 7120 e 8145) preferibilmente corrispondenti alla EN 934 parte 2 e la serie collegata EN 480 parti 1÷12 relative ai metodi di prova. Sarà cura dell'Appaltatore inviare preventivamente alla Direzione Lavori la documentazione tecnica basata su un'ampia sperimentazione pratica su tipo, dosaggi ottimali ed eventuali effetti collaterali dell'additivo sulla malta da utilizzare

Particolare cura dovrà essere posta nel controllo del mantenimento nel tempo della lavorabilità del prodotto ottenuto.

Additivi fluidificanti

E' ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari, con l'autorizzazione della Direzione Lavori

I prodotti commerciali che l'Appaltatore si propone di usare dovranno essere sottoposti all'approvazione preventiva della Direzione Lavori.

Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere accompagnati dalla relativa scheda di sicurezza.

5.1.2.6 Preparazione delle malte e delle miscele cementizie

a- Caratteristiche di resistenza e dosaggi

Di norma la resistenza cubica da ottenere per le malte e per le miscele cementizie di iniezione deve essere:

$$R_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$$

A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$$a/c \approx 0.5$$

b- Composizione delle miscele cementizie

La composizione delle miscele di iniezione, riferita ad 1 mc di prodotto, è:

- * acqua : 600 kg
- * cemento : 1200 kg
- * additivi : 10÷20 kg (la quantità indicata deve essere verificata in funzione del tipo e delle prescrizioni del fornitore)

con un peso specifico pari a circa: $\gamma = 1.8 \text{ kg/dmc.}$

c- Composizione delle malte cementizie

Nella definizione della formula delle malte, prevedendo un'efficace miscelazione dei componenti atta a ridurre la porosità dell'impasto, si può fare riferimento al seguente dosaggio, riferito ad 1 mc di prodotto finito:

- * acqua : 300 kg
- * cemento : 600 kg
- * additivi : 5÷10 kg (la quantità indicata deve essere verificata in funzione del tipo e delle prescrizioni del fornitore)
- * inerti : 1100 ÷1300 kg

d- Impianti di preparazione

Le miscele cementizie saranno confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico o semiautomatico, costituiti dai seguenti principali componenti:

- * bilance elettroniche per componenti solidi e liquidi;
- * per l'acqua è ammessa la misura per mezzo di vasca volumetrica;
- * mescolatore primario ad elevata turbolenza (min. 1500 giri/min);
- * vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici per la misurazione delle miscele cementizie iniettate.

Le malte utilizzate, a scelta dell'Appaltatore, potranno essere prodotte in cantiere o presso impianti esterni, purché approvati dalla Direzione Lavori. Gli impianti esterni dovranno essere del tipo utilizzato per il confezionamento dei calcestruzzi e saranno sottoposti alle necessarie ispezioni prima di essere approvati dalla Direzione Lavori. Nel caso l'Appaltatore preferisca produrre la malta in cantiere, gli impianti necessari saranno del tipo utilizzato per la miscelazione del calcestruzzo; in alternativa, se preventivamente concordato con la Direzione Lavori, la boiaccia acqua/cemento potrà essere preparata in turbo impianti per miscelazione acqua-

cemento, interni od esterni al cantiere, e gli inerti previsti saranno aggiunti in un'apposita vasca attrezzata con un mescolatore a coclea.

Gli inerti saranno misurati mediante pesatura o con sistemi volumetrici. In ogni caso, il sistema adottato dovrà dare buoni risultati di ripetitività delle misure. Lo scarto massimo ammesso durante la misurazione dovrà essere contenuto nel $\pm 5\%$.

6 MODALITÀ DI ESECUZIONE

6.1 Micropali a semplice cementazione

I micropali tipicamente appartenenti a tale classe sono quelli costituenti l'orditura verticale di paratie berlinesi, per i quali non è richiesta una particolare cura nella solidarizzazione al terreno, non risultando necessario trasmettere carichi assiali.

6.1.1 Perforazione

Tutte le attrezzature di perforazione, prima di essere ammesse in cantiere, dovranno ricevere l'approvazione della Direzione Lavori. In ogni caso devono essere conformi a tutte le norme di sicurezza ed igiene del lavoro vigenti alla data di prima entrata in cantiere.

Per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche esse dovranno rientrare nelle seguenti prescrizioni tecniche:

- la potenza necessaria potrà essere erogata da un motore diesel o elettrico, la cui scelta potrà essere anche funzione dell'ambiente operativo;
- la trasmissione dell'energia dovrà avvenire per mezzo di un circuito oleodinamico;
- la giunzione e lo sviamento della batteria di perforazione dovranno avvenire per mezzo di apposite morse;
- le leve di comando utilizzate dall'operatore dovranno essere opportunamente servoassistite; le operazioni in corso di svolgimento dovranno essere facilmente gestibili per mezzo di dispositivi parzializzatori e controllabili per mezzo di manometri e apposite spie;
- in corrispondenza di ogni leva, dispositivo di parzializzazione, manometro, spia e quant'altro utilizzabile dall'operatore per il funzionamento della macchina, dovranno essere applicate apposite targhette che identifichino chiaramente la funzione del comando e la direzione nella quale deve essere mosso per ottenerlo;
- tutte le leve devono tornare automaticamente in posizione di folle in caso di rilascio e devono essere opportunamente protette per impedirne l'inserimento in caso di urti accidentali;
- la stabilizzazione della macchina sul foro da perforare dovrà avvenire per mezzo di appositi martinetti;
- la macchina dovrà essere semovente, dotata di cingoli o ruote a scelta dell'Appaltatore, ma comunque in grado di muoversi liberamente sul piano di lavoro disponibile sulle singole aree d'intervento;
- in funzione della dimensione della macchina devono essere installati uno o più dispositivi d'emergenza facilmente identificabili ed azionabili da chiunque per l'immediato arresto di qualsiasi operazione in corso;
- la macchina oltre ad essere dotata di apposito manuale di funzionamento e catalogo ricambi deve rispettare quanto eventualmente prescritto dal regolamento comunale.
- tutte le attrezzature adottate dovranno essere equipaggiate con la strumentazione necessaria al rilevamento automatico dei principali parametri di perforazione (spinta, coppia e velocità di avanzamento);
- la strumentazione di rilevamento automatico dei parametri di perforazione dovrà essere approvata dalla Direzione Lavori preventivamente all'installazione;
- i valori dei parametri di perforazione (spinta, coppia velocità di avanzamento), registrati in automatico nel corso delle perforazioni, saranno restituiti in diagrammi rappresentativi e consegnati, anche con supporto magnetico, alla Direzione Lavori.

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercussione, con rivestimento continuo con tubo forma e circolazione di fluidi, fino al raggiungimento della profondità di progetto.

Numero e potenza delle attrezzature dovranno essere adeguati a raggiungere le profondità di progetto ed a rispettare il programma cronologico di esecuzione dei lavori, presentato prima dell'inizio delle lavorazioni alla Direzione Lavori, e con questa concordato.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Indicativamente, le portate dovranno poter raggiungere i 200 l/min con valori di pressione attorno ai 25 bar.

Nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo-foro si utilizzeranno compressori con caratteristiche di portata e di pressione adeguate alle prescrizioni di uso dei martelli perforatori adottati.

6.1.2 Allestimento del micropalo

Completata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

Si provvederà quindi ad inserire l'armatura, con eventuali centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto.

L'armatura dovrà essere del tipo indicato dal progettista e dovrà essere posata nel foro rispettando le prescrizioni progettuali (profondità, posizionamento, parte libera sporgente, ecc.) ed evitando il contatto inferiore con il terreno.

Di norma si procederà immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina); la messa in opera delle armature di ancoraggio a cordolo o plinto, ove previste, sarà eseguita successivamente all'iniezione.

6.1.3 Cementazione

6.1.3.1 Riempimento a gravità

Il riempimento del foro, salvo diverse prescrizioni e/o accordi con la Direzione Lavori, dovrà avvenire dopo la posa dell'armatura, a prescindere dal tipo di miscela utilizzato.

La miscela cementante (boiaccia o malta) sarà introdotta nel foro, nel caso di armatura tubolare, attraverso la stessa armatura, utilizzando un imbuto per favorirne il convogliamento.

In caso di armatura non tubolare è comunque prescritto di dover eseguire il riempimento del preforo mediante tubazione, dal fondo foro in risalita.

Il riempimento proseguirà fino a che la miscela immessa risalirà in superficie senza inclusioni di terreno e/o fanghi di perforazione. In caso di cali della miscela nel foro, si potranno eseguire rabbocchi da boccaforo, anche ripetuti, utilizzando la stessa miscela impiegata per il getto iniziale.

In presenza di acqua e/o fanghi di perforazione nel foro eseguito, dovranno essere adottate tutte le precauzioni del caso per evitare la separazione e/o il dilavamento della miscela introdotta (palla di spugna, carta, ecc).

Una volta iniziato, il riempimento del foro dovrà essere concluso in un tempo compatibile al tempo di presa della miscela, precedentemente accertato.

La viscosità della miscela dovrà essere tale da consentirne il regolare ed omogeneo rifluimento sia all'interno sia all'esterno dell'armatura.

La fluidità della miscela necessaria al suo regolare rifluimento dovrà essere ottenuta con l'aggiunta di appositi additivi.

Se ritenuto necessario, la Direzione Lavori chiederà a spese ed oneri a totale carico dell'Appaltatore, l'esecuzione di tutte le prove preliminari sulla miscela da adottare, al fine di stabilirne la corretta composizione definitiva.

6.1.3.2 Riempimento a bassa pressione

Il foro dovrà essere interamente o parzialmente rivestito; la posa, prima dell'armatura fino alla profondità prevista e successivamente della miscela cementante, avverrà all'interno del tubo di rivestimento provvisoriamente lasciato in opera, con le stesse modalità previste per il caso precedente. Alla conclusione di questa fase dovrà essere applicata al rivestimento una testa che consenta l'invio di aria compressa, ad una pressione di circa 0,5 MPa, durante l'estrazione del rivestimento stesso. L'operazione dovrà essere ripetuta per ogni interruzione dovuta allo svitamento degli spezzoni di rivestimento, ricollegando la testa di pressione alla sommità del rivestimento ed avendo cura di rabboccare gli eventuali cali di miscela che dovessero verificarsi.

In relazione alla natura del terreno e per evitarne la fratturazione idraulica degli strati superficiali, la pressione dell'aria compressa potrà essere ridotta man mano che ci si avvicina alla superficie.

6.2 Micropali a iniezioni multiple selettive

I micropali tipicamente appartenenti a tale classe sono quelli con funzioni portanti di carichi assiali, ove risulti necessario incrementare la portanza del bulbo attraverso iniezioni a pressione nel terreno circostante.

6.2.1 Perforazione

Le operazioni di perforazione per tale tipologia di micropali non si distinguono da quanto già indicato per i micropali a semplice cementazione.

6.2.2 Allestimento del micropalo

Completata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

Si provvederà quindi ad inserire l'armatura tubolare valvolata, munita di eventuali centratori non metallici, fino a raggiungere la profondità di progetto. Ove il progetto preveda una armatura non tubolare, si potrà disporre in parallelo alla armatura una tubazione plastica valvolata.

Il tubo di iniezione dovrà essere prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

Di norma si procederà immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina); la messa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, sarà eseguita successivamente all'iniezione.

Laddove previsto dal progetto, sarà adottata una ulteriore armatura interna a quella tubolare formata da profili in acciaio.

6.2.3 Iniezione

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato. Si utilizzerà una miscela cementizia conforme a quanto indicato nel paragrafo: "Malte e miscele cementizie di iniezione" di questa Sezione di CSA – Parte B.

6.2.3.1 Formazione della guaina

Non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provvederà immediatamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e l'armatura tubolare.

Il pompaggio di miscela proseguirà fino a che la miscela immessa risalirà in superficie senza inclusioni di terreno e/o fanghi di perforazione.

Contemporaneamente si procederà alla estrazione dei rivestimenti provvisori e si effettueranno i necessari rabocchi di miscela cementizia.

Completata l'iniezione di guaina si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di armatura.

La composizione indicativa delle miscele di iniezione, riferita ad 1 mc di prodotto, è:

- * acqua : 600 kg
- * cemento : 1200 kg
- * additivi : 10÷20 kg (la quantità indicata deve essere verificata in funzione del tipo e delle prescrizioni del fornitore)

con un peso specifico pari a circa: $\gamma = 1.8 \text{ kg/dmc}$.

Una volta iniziato, il riempimento del foro dovrà essere concluso in un tempo compatibile al tempo di presa della miscela, precedentemente accertato.

La viscosità della miscela dovrà essere tale da consentirne il regolare ed omogeneo rifluimento sia all'interno sia all'esterno dell'armatura.

La fluidità della miscela necessaria al suo regolare rifluimento dovrà essere ottenuta con l'aggiunta di appositi additivi.

Se ritenuto necessario, la Direzione Lavori chiederà a spese ed oneri a totale carico dell'Appaltatore, l'esecuzione di tutte le prove preliminari sulla miscela da adottare, al fine di stabilirne la corretta composizione definitiva.

6.2.3.2 Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati

Prima dell'esecuzione delle iniezioni in pressione l'Appaltatore eseguirà le seguenti operazioni:

- a la taratura delle cadute di pressione su ciascuna linea di iniezione, completa di iniettore, linea di adduzione di lunghezza misurata e pistoncino terminale; ciascuna linea verrà quindi perfettamente identificata mediante riscontri inamovibili ed il rapportino di taratura sarà consegnato alla Direzione Lavori ed i valori di pressione successivamente letti sulla stessa linea saranno depurati della "perdita" o caduta misurata
- b la misurazione, alle differenti profondità previste di iniezione, della pressione di rottura del terreno (fenomeno di claquage); analogamente il rapportino di misura sarà consegnato alla Direzione Lavori

Trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione.

La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 80 bar; al raggiungimento di tale pressione la valvola potrà essere abbandonata, salvo diverse istruzioni impartite dalla Direzione Lavori.

Ottenuta l'apertura della valvola, si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto o impartiti dalla Direzione Lavori.

Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

I volumi di iniezione saranno di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto o impartite dalla Direzione Lavori.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore.

Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura.

6.2.3.3 Caratteristiche degli iniettori

Per eseguire l'iniezione si utilizzeranno delle pompe oleodinamiche a pistoni, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione max di iniezione : > 100 bar
- portata max : > 2 mc/ora
- n. max pistonate/minuto : > 60.

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alla Direzione Lavori., specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoni.

6.3 Ombrelli di micropali in galleria

6.3.1 Generalità

La geometria standard prevede la proiezione degli assi dal limite periferico del fronte di scavo con inclinazione divaricante (6÷8%) rispetto all'asse di futuro scavo, sino a sviluppare superiormente una superficie troncoconica, eventualmente interessante anche l'ambito fondazionale dei piedritti della galleria mediante una sventagliata di micropali.

Fra successivi interventi di presostegno e preconsolidamento si prevederà un opportuno valore di sovrapposizione, secondo indicazioni di progetto e tipicamente almeno 2 metri.

Dal punto di vista statico, si affida a tale superficie consolidata ed estradossata allo scavo il compito di sostenere le spinte del terreno sovrastante con i molteplici obiettivi di:

- alleviare la pressione sul nucleo di scavo, evitando franamenti di questo e, in conseguenza, possibili sfornellamenti del masso sovrastante
- conservare quanto possibile inalterato lo stato tensionale degli ambiti non direttamente interessati dallo scavo, preservandone le caratteristiche tensionali in essere e quindi limitando le future pressioni sulle opere di sostegno sia provvisorio (centine e spritz) che definitivo (rivestimento definitivo)

La lunghezza di siffatti trattamenti risulta funzione di diversi fattori ed opportunità, fra cui si citano:

- la lunghezza utile del braccio della sonda utilizzata, comunemente chiamata "posizionatore" e normalmente garantente l'eseguibilità in unica manovra di elementi di almeno 10 metri di lunghezza; non si esclude l'uso di bracci di lunghezza inferiore, salvo verificarne la ripercussione sugli aspetti operativi e programmatici;
- l'organizzazione di cantiere al fine di ottimizzare il processo di scavo e la relativa tempistica, ove necessariamente si dovrà prevedere l'alternanza al fronte delle squadre di scavo e quelle dei consolidatori.

6.3.2 Caratteristiche dei micropali

a- Interesse

Vengono generalmente disposti su di una unica fila ed intervallati di un valore (orientativamente compreso fra 40 e 60 cm) derivante dal calcolo statico del grigliato citato.

b- Schema statico

Unitamente alla futura disposizione di centine a contrasto contro i medesimi micropali, costituiscono un grigliato di sostegno dei pesi sovrastanti.

c- Predisposizione del fronte di attacco

Il fronte di attacco sarà predisposto con apposito tampone: ove non risultino maggiori necessità il tampone potrà essere realizzato con spritz beton e doppia maglia di armatura per uno spessore totale di almeno 20 cm.

Al piede del fronte verrà predisposta una canaletta di raccolta dei detriti di perforazione ed iniezione per un ordinato invio all'esterno della galleria o ad un pozzetto di raccolta, sedimentazione e pompaggio all'esterno.

d- Tracciamento

Il corretto tracciamento dell'asse di perforazione costituisce un aspetto determinante della riuscita del trattamento; tale operazione consta di due differenti fasi e momenti operativi:

- il punto di attacco perforazione sul fronte sarà marcato dai topografi in forma indelebile sul tampone;
- l'asse di perforazione sarà quindi determinato univocamente in avanzamento dal punto tracciato e, sul retro della sonda, mediante proiezione di raggio "LASER"; in assenza di tale tecnica si prescrive obbligatoriamente la presenza fissa della squadra dei topografi in fase di inizio perforazione ed in fase di armamento del micropalo.

Si richiama l'attenzione sulle conseguenze che un non corretto posizionamento o una deviazione dalla corretta posizione possono implicare:

- il locale mancato funzionamento statico della griglia (micropali e centine) con conseguenti possibili franamenti dell'estradosso di scavo sino a poter innescare sfornellamenti maggiori del masso sovrastante;
- la necessità, in fase di avanzamento dello scavo, di dover procedere al taglio di eventuali armature di micropali devianti ed ingombranti inutilmente la sezione di scavo.

e- Armamento e riempimento con miscela

A perforazione terminata (salvo l'utilizzo di un sistema tipo Odex e/o tipo Symmetrix, si veda cap.6.4) sarà messa in opera l'armatura prevista in progetto, di tipo tubolare ed aperta alle estremità.

L'armatura sposterà di qualche decimetro dal tampone; il passaggio fra armatura e tampone sarà sigillato avendo preventivamente predisposto un tubetto di iniezione a cavallo della sigillatura; l'iniezione di riempimento della perforazione, se diretta verso l'alto, sarà eseguita attraverso il tubetto di iniezione e sarà sospesa solo al fuoriuscire di miscela pulita dalla estremità esterna dell'armatura; viceversa, per perforazioni dirette verso il basso, si inietterà attraverso l'armatura e si attenderà il fuoriuscire della miscela dal tubetto di iniezione.

6.4 Micropali eseguiti con sistemi martelli fondo foro e perforazione rivestite

6.4.1 Generalità

Queste tecnologie, remunerata con apposito sovrapprezzo sul prezzo della perforazione dei micropali ordinari, dovranno essere applicate laddove esplicitamente indicate negli elaborati di progetto e potrà essere estesa su richiesta della Direzione Lavori.

L'Appaltatore, prima di iniziare la costruzione è tenuto alla puntuale verifica delle situazioni di dettaglio per procedere alla scelta mirata tra le tecnologie con perforazione rivestita, in accordo alle specifiche riportate nel seguito e alle prestazioni richieste dal progetto.

In ogni caso l'Appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori la documentazione del sistema del quale intenderà dotarsi.

Tutto il personale che sarà impiegato nella lavorazione dovrà essere stato preventivamente addestrato da tecnici specializzati nell'uso del sistema.

In ogni caso, fermo restando le disposizioni di cui ai punti che seguono, l'Appaltatore dovrà attenersi all'osservanza di tutte le regole previste per l'esecuzione di micropali con sistemi tradizionali.

6.4.2 Metodo tipo "Odex" tradizionale

L'attrezzatura di base per eseguire una perforazione con il metodo tipo "Odex" tradizionale si compone principalmente di una batteria di rivestimenti entro la quale, per mezzo di una seconda batteria di aste di perforazione, viene infilato un martello fondo foro dotato di utensile allargatore.

L'azione del martello fondo foro è duplice:

- trascinato dal moto rotatorio delle aste, il martello batte sull'utensile di perforazione, che, essendo a sua volta dotato di allargatore, produce un cavo di diametro sufficiente al passaggio del tubo di rivestimento che segue;
- contemporaneamente, per mezzo di un collare sporgente ricavato sul dispositivo di guida dell'utensile, il martello scarica parte della sua energia d'urto direttamente sulla scarpa dei rivestimenti, favorendone il loro avanzamento.

I detriti prodotti dalla perforazione vengono evacuati dall'interno dei rivestimenti.

6.4.3 Metodo tipo "Odex" trascinato (rotaodex)

La differenza con il metodo tradizionale risiede in un particolare raccordo con cui i tubi di rivestimento vengono vincolati alla testa di rotazione e trascinati in rotazione nello stesso senso delle aste: i restanti aspetti funzionali del sistema tradizionale vengono conservati.

La peculiarità del metodo tradizionale risiede nella conservazione delle caratteristiche per mezzo di un avanzamento del rivestimento in assenza di rotazione.

I detriti prodotti dalla perforazione vengono evacuati dall'interno dei rivestimenti ed in parte anche all'esterno di questi, risultando una maggiore lubrificazione globale a scapito di un maggiore effetto di decompressione del terreno al confronto degli effetti sortiti con il metodo tradizionale.

Mediamente il metodo trascinato consente un maggior rendimento in termini produttivi ed il raggiungimento di maggiori profondità.

6.4.4 Metodo tipo "Odex" con due teste di rotazione

Il metodo è reso possibile utilizzando una attrezzatura di perforazione specifica, dotata di due teste di rotazione installate, per mezzo di una slitta particolare, sullo stesso asse di rotazione ma indipendenti in termini di rotazione e traslazione.

Alla prima testa, che ruota in senso orario, viene vincolata la batteria composta dalle aste col martello, mentre alla seconda, che ruota in senso antiorario, si vincolano i tubi di rivestimento.

Il metodo, grazie all'impiego di grosse attrezzature con grandi potenze installate, a sua volta consente un miglioramento di rendimento ed il raggiungimento di maggiori profondità, mentre l'enorme complessità delle manovre grava il processo di un notevole impiego di mano d'opera.

6.4.5 Ombrelli di micropali in galleria eseguiti con metodo tipo "Symmetrix"

Il sistema tipo "Simmetrix" permette di eseguire una perforazione rivestita senza particolare sforzo grazie ad uno speciale anello che consente al tubo di rivestimento di non ruotare durante la perforazione.

L'alesaggio avviene tramite perforazione con martello fondo foro agganciato al sistema, che trascina a battuta un tubo pilota al cui interno è alloggiato il sistema stesso.

La peculiarità del sistema è nell'aggancio, eseguito attraverso semplici movimenti della macchina, della punta perforatrice ad una particolare ghiera che alesava un foro di diametro superiore alla tubazione da spingere, conservando comunque la possibilità di ritrarre le attrezzature nella buca di partenza in caso di necessità, fatta eccezione per la stessa ghiera che resta in punta ma sempre in posizione tale da potere essere riagganciata.

Il sistema è sostanzialmente composto da:

- una punta "pilota" che realizza la parte centrale del foro trasferendo (per roto-percussione) all'ammasso in scavo l'energia del martello testa foro attraverso la batteria di perforazione.
- il rivestimento del foro (tubo camicia o "casing") comprendente un anello speciale e una scarpa saldata alla parte anteriore del primo tubo di rivestimento (tubo di partenza).

In fase di perforazione la punta pilota avanza scavando il terreno per roto-percussione e recuperando il materiale scavato con un fluido di perforazione (normalmente acqua) che scorre tra batteria di perforazione e "casing".

L'anello speciale è collegato meccanicamente alla punta pilota ed avanza con essa durante la perforazione forando lo spazio anulare necessario a far avanzare il "casing".

Una volta che la profondità di progetto viene raggiunta, l'inversione della rotazione permette alla punta di perforazione di scollegarsi dall'anello e di poter essere retratta (assieme alla batteria di perforazione) all'interno del "casing".

Il casing rimane in posto andando a costituire uno degli elementi che formano l'ombrello di sostegno della futura galleria.

7 CONTROLLI DI QUALITÀ E CRITERI DI ACCETTAZIONE

7.1 Generalità

L'Appaltatore dovrà redigere - e sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori almeno 30 giorni prima del previsto inizio della lavorazione - il documento; "PIANO DI QUALITÀ DI COSTRUZIONE E INSTALLAZIONE – MICROPALI".

Il piano di qualità di costruzione e installazione (PQCI) sarà redatto sulla base dell'indice generale e relativi contenuti indicati nell' ALLEGATO 1 al presente CSA – Parte B.

Le prove ed i controlli sono a carico dell'Appaltatore e saranno eseguiti in conformità al PROGRAMMA DELLE PROVE E DEI CONTROLLI contenuto nel PQCI.

Di seguito si forniscono le specifiche che l'Appaltatore dovrà osservare nella esecuzione dei controlli del proprio operato; l'Appaltatore resta comunque responsabile della qualità del prodotto finale che sarà accettato solo ove rispondente ai seguenti criteri:

- rispondenza ai criteri di tolleranza già specificati
- rispondenza del materiale, armatura e miscele di iniezione, alle caratteristiche meccaniche specificate nelle tavole di progetto
- assenza di difetti evidenziati dall'autocontrollo dell'Appaltatore, o rilevati dalla Direzione Lavori, o rilevati dalle prove eseguite, od infine emersi in fase di scavo

Per ogni micropalo eseguito l'Appaltatore dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n° del micropalo e data/date di esecuzione;
- lunghezza della perforazione;
- nominativi del caposquadra addetto e degli operatori (perforazione, gestione fanghi, posa armatura, iniezioni, controlli in corso d'esecuzione, ecc.);
- identificazione dell'attrezzatura di perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione:
 - utensile
 - fluido
 - rivestimenti
- informazioni relative alla stratigrafia locale emersa dall'osservazione dei detriti di scavo;
- caratteristiche dell'armatura: tipo, dimensioni e caratteristiche meccaniche;
- identificazione dell'attrezzatura di iniezione e della linea di adduzione impiegata;
data e volume di assorbimento dell'iniezione di guaina;
caratteristiche della miscela, o della malta, utilizzata per l'iniezione (compresa quella di guaina):
 - composizione
 - peso specifico
 - viscosità Marsh
 - rendimento volumetrico o decantazione
 - controlli eseguiti in corso d'opera
- tabelle delle iniezioni selettive, indicanti per ogni valvola e per ogni fase:
 - data
 - pressioni di apertura
 - volumi di assorbimento
 - pressioni raggiunte

- identificazione dei campioni di malta prelevati per le successive prove di compressione a rottura
 - diagrammi rappresentativi dei parametri di perforazione ed iniezione e relativi supporti magnetici
- La documentazione richiesta deve essere fornita alla Direzione Lavori nei tempi e nei modi che saranno indicati dalla stessa Direzione Lavori. La mancata o parziale evasione dei documenti richiesti non consentirà la contabilizzazione delle relative quantità.

7.2 Controlli di qualità delle miscele e delle malte di iniezione

Le miscele e le malte confezionate in cantiere saranno sottoposte ai seguenti controlli:

MISCELE

peso specifico : 1 volta al giorno
viscosità Marsh : 1 " " "
decantazione o resa volumetrica : 1 " " "
tempo di presa : 1 volta alla settimana
campionature per prove di compressione a rottura: 2 prelievi di coppie di provini alla settimana

MALTE

peso specifico : 1 volta al giorno
tempo di presa : 1 volta / settimana
campionatura per prove di compressione a rottura :2 prelievi di campioni cubici (comprensivi di 2 provini) alla settimana.

Il peso specifico dovrà risultare pari ad almeno il 90% di quello teorico, calcolato assumendo 3 g/cmc il peso specifico del cemento e 2.65 g/cmc quello degli inerti, nell'ipotesi che non venga inclusa aria. Nelle prove di decantazione l'acqua separata in 24 ore non dovrà superare il 3% in volume.

I cubetti da sottoporre a prove di resistenza cubica a compressione avranno dimensioni minime di 7 o 10 cm di lato.

L'Appaltatore eseguirà le prove richieste e documenterà i risultati delle stesse con rapportini tecnici la cui frequenza è commisurata a quella delle prove stesse.

7.3 Prove di carico

7.3.1 Generalità

Le prove di carico su micropali riguardano gli elementi che hanno funzioni fondazionali ed hanno lo scopo di:

- accertare eventuali deficienze esecutive;
- accertare le ipotesi progettuali di portanza del micropalo e verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema micropalo-terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema micropalo-terreno ai fini valutativi dei cedimenti attesi sotto carico.

L'Appaltatore, prima di ogni prova, sottoporrà all'approvazione della Direzione Lavori il progetto ed il programma della prova di carico e la certificazione di taratura degli strumenti di misura dei carichi e dei cedimenti.

7.3.2 Definizioni

Si definiscono:

- **prove di collaudo** le prove effettuate su micropali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a 1.5 volte il carico di esercizio (P_{es});
- **prove a carico limite** le prove effettuate su micropali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema micropalo-terreno o prossimi ad essa; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a 2.5÷3 volte il carico di esercizio (P_{es}).

7.3.3 Normative e specifiche di riferimento

Valgono le normative nazionali; ed inoltre:

- ASTM D1143-81: "Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load".

7.3.4 Numero ed ubicazione dei micropali di prova

Il numero e l'ubicazione dei micropali da sottoporre a prova di carico devono essere stabiliti in funzione dell'importanza dell'opera, dell'affidabilità, in termini quantitativi e qualitativi, dei dati geotecnici disponibili, e del grado di omogeneità del terreno.

In generale si prevede l'esecuzione di prove di carico assiale sull'1% dei micropali e almeno su un micropalo per ogni opera. Le prove sono a carico dell'Appaltatore.

7.3.5 Caratteristiche dei micropali di prova

Le caratteristiche dei micropali di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, etc.) devono essere del tutto simili a quelli dei micropali dimensionati in fase di progetto.

7.3.6 Scelta dei carichi di prova

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista e/o dalla Direzione Lavori, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova P_{prova} sarà

- $P_{prova} = 1.5 P_{esercizio}$
- $P_{prova} = P_{lim}$

ove con P_{lim} si indica la portata limite dell'insieme micropalo-terreno.

7.3.7 Attrezzature e dispositivi di prova

Le attrezzature ed i dispositivi per l'applicazione e per la misura del carico, ed i dispositivi per la misura dei cedimenti, saranno conformi alle specifiche relative a dette attrezzature; in ogni caso l'Appaltatore esecutrice deve presentare certificati di calibrazione non antecedenti più di 3 mesi.

È ammessa l'esecuzione di prove di carico a compressione mediante contrasto su micropali laterali, a condizione che:

- le armature tubolari e le eventuali giunzioni filettate dei micropali di contrasto siano in grado di resistere ai conseguenti sforzi di trazione;
- l'insieme dei micropali costituisca un sistema baricentrico sul micropalo da sottoporre a prova

Nel caso di micropali inclinati dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare l'insorgere di componenti di carico ortogonali all'asse del micropalo e/o momenti flettenti dovuti ad eccentricità, che potrebbero influenzare i risultati della prova.

I valori di deformazione letti sui micropali di contrasto potranno essere utilizzati quali valori relativi a prove di carico a trazione, se i carichi effettivamente applicati sono significativi nel cospetto dei reali carichi di trazione cui saranno sottoposti gli stessi micropali.

7.3.8 Preparazione della prova

7.3.8.1 Preparazione dei micropali da sottoporre a prova

I micropali prescelti saranno preparati mettendo a nudo il fusto per un tratto di almeno 20 cm ed eliminando tutte le superfici di contatto e di attrito con eventuali plinti, solette, murature, etc..

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite almeno 3 staffe metalliche, a distanze angolari costanti, per la successiva apposizione dei micrometri.

Si provvederà quindi a fissare sulla testa del micropalo una cuffia metallica di geometria adeguata ad ospitare il martinetto ed a trasferire il carico sul micropalo.

7.3.8.2 Realizzazione del contrasto

La zavorra sarà messa in opera dopo avere preliminarmente posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 m dall'asse del micropalo.

L'altezza dei due muretti deve essere sufficiente a consentire il posizionamento del martinetto e del relativo centratore, oltre che del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti. In ogni caso l'altezza deve essere tale da consentire le operazioni di lettura con sufficiente agio ($h_{min} \geq 1.5$ m).

Tra il martinetto e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Questo dispositivo può essere realizzato mediante un giunto a rotula, costituito da una sfera in acciaio $\phi 30$ mm circa, inserita entro due piastre metalliche dotate di opportune cavità porta-sfera.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso di contrasto su micropali attigui.

7.3.8.3 Realizzazione del sistema di misura degli spostamenti

Il sistema di misura principale sarà realizzato da una serie di micrometri solidali con il fusto del micropalo sottoposto a prova, messi a contrasto con una trave detta di riferimento, la cui peculiarità sarà di essere del tutto non interessata da cedimenti del terreno connessi con l'assestamento del micropalo. A tal fine si prescrive che ciascun appoggio della suddetta trave sia ad almeno 2,5 m dall'asse del micropalo caricato.

I micrometri, del tipo centesimale di millimetro, avranno una corsa minima di 50 mm e saranno elongabili a necessità; la precisione richiesta è di 0,2 mm.

Un secondo sistema di controllo di spostamento è consigliato, ad esempio mediante controllo topografico livellometrico.

Potranno essere adottati ulteriori sistemi di misura, tipo strain gauges e tell-tales, secondo indicazioni progettuali, della Direzione Lavori ed a proposta dell'Appaltatore.

I sistemi di lettura potranno essere del tipo a rilevamento diretto o del tipo computerizzato.

7.3.9 Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alle finalità della prova.

Di norma, salvo diverse disposizioni del progetto e/o della Direzione Lavori, si farà riferimento al seguente schema con 3 cicli di carico e scarico:

1° CICLO

- a) Applicazione di "n" ($n \geq 6$) gradini di carico successivi, di entità pari a dP , fino a raggiungere il carico P_{es} .
- b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- $t = 0$ (applicazione del carico)
- $t = 1'$
- $t = 2'$
- $t = 4'$
- $t = 8'$
- $t = 15'$

- quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

N.B.: il cedimento s è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la seguente condizione tra due misure successive:

nell'intervallo di lettura ($dt = 15'$) risulti $ds \leq 0.025$ mm

- c) Per il livello corrispondente a P_{es} il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi, si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a $t = 0$, $t = 5'$, $t = 15'$.

In fase di scarico, qualora il criterio di stabilizzazione non venga soddisfatto, verranno eseguite anche a $t = 30'$, $t = 45'$ e $t = 60'$.

2° CICLO

- a) Applicazione rapida di un carico di entità $1/3 P_{es}$
- b) Lettura dei cedimenti a $t = 0, 1', 2', 4', 8', 15'$
- c) Scarico rapido e letture a $t = 0$ e $5'$
- d) Applicazione rapida di un carico di entità $2/3 P_{es}$
- e) Lettura dei cedimenti come in " b"
- f) Scarico come in " c"
- g) Applicazione rapida di un carico di entità pari a P_{es}
- h) Lettura dei cedimenti come in " b"
- i) Scarico con letture a $t = 0, 5', 10', 15'$ e $30'$.

3° CICLO

- a) Applicazione di " m" ($m \geq 9$) gradini di carico dP fino a raggiungere il carico P_{prova} (o P_{lim}).
- b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° ciclo, punto "b".
- c) Il carico P_{prova} , se minore di P_{lim} , sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini con misure a $t = 0$, $t = 5'$, $t = 10'$ e $t = 15'$.
A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a $t = 60'$.

Carico limite

In letteratura esistono vari sistemi di individuazione del carico limite mediante i dati di prove di carico; in mancanza di diversi criteri fissati dal progetto e/o dalla D.L., si considererà raggiunto il carico limite P_{lim} , e conseguentemente si interromperà la prova, allorché, misurando il cedimento s , risulterà verificata una delle seguenti condizioni:

- $s_{(P_{lim})} \geq 2 \times s_{(P_{lim} - dP)}$

- $s_{(P_{lim})} \geq 0.2 d + s_{el}$

ove :

d = diametro del micropalo

s_{el} = cedimento elastico del micropalo.

7.3.10 Documentazione delle prove

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- * il n° del palo
- * l'orario di ogni singola operazione
- * la temperatura
- * il carico applicato
- * il tempo progressivo di applicazione del carico
- * le corrispondenti misure di ogni comparatore
- * i relativi valori medi
- * le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento, controfirmate dalla Direzione Lavori e dall'Appaltatore, costituiranno il verbale della prova.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- * tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento con le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica; sono richieste le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale ("verbale") di cantiere;
- * diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio;
- * diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- * numero di identificazione e caratteristiche nominali del micropalo (lunghezza, diametro):
- * stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione;
- * geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, posizione degli appoggi, ecc.);
- * disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- * scheda tecnica del micropalo, preparata all'atto dell'esecuzione.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 – OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 8:

DIAFRAMMI

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. P. De Martini		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023

INDICE

1	DEFINIZIONI.....	1
1.1	Diaframmi in calcestruzzo armato.....	1
1.2	Diaframmi plastici.....	1
2	NORME DI MISURAZIONE	1
3	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	2
3.1	Soggezioni geotecniche e ambientali	2
3.2	Prove tecnologiche preliminari.....	2
3.3	Scavo ed evacuazione del marino	2
3.4	Preparazione dei piani di lavoro e dei cordoli guida.....	3
3.4.1	Piani di lavoro	3
3.4.2	Cordoli guida	3
3.5	Tolleranze.....	4
4	MATERIALI	5
4.1	Armature metalliche	5
4.1.1	Aspetti generali.....	5
4.1.2	Sistemi di protezione dalle correnti vaganti	6
4.1.3	Norme di applicazione e valutazione.....	6
4.2	Armature in vetroresina	6
4.3	Calcestruzzi.....	7
4.3.1	Classe e caratteristiche	7
4.3.2	Componenti	7
4.3.3	Additivi.....	8
4.3.4	Preparazione e trasporto	8
4.3.5	Certificazione	8
4.4	Fanghi di perforazione	8
4.4.1	Bentonite in polvere	8
4.4.2	Fanghi.....	8
4.5	Fanghi autoindurenti	9
5	MODALITÀ ESECUTIVE	9
5.1	Prescrizioni generali.....	9
5.2	Attrezzature	10
5.2.1	Escavatori.....	10
5.2.2	Benne mordenti	10
5.2.3	Frese idrauliche (Idrofrese).....	10
5.2.3.1	Impianto di preparazione del fango autoindurente	10
5.2.4	Impianto di preparazione del fango di perforazione	11
5.2.5	Impianto di depurazione e recupero dei fanghi	11
5.3	Lavorazioni	11
5.3.1	Scavo dei diaframmi e gestione dei fanghi	11
5.3.2	Controllo della verticalità	12
5.3.3	Formazione dei giunti	12
5.3.4	Armature	14
5.3.5	Getto.....	14
5.3.6	Scapitozzatura	15
5.3.7	Rifilatura pareti	15
5.3.8	Regolarizzazione delle pareti.....	15
6	CONTROLLI DI QUALITÀ.....	15
6.1	Generalità.....	15
6.2	Controlli della lavorazione	16

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B2
Sezione n. 8: Diaframmi

6.3	Controlli sui diaframmi in calcestruzzo	16
6.3.1	Controlli sui fanghi di perforazione	16
6.3.2	Controlli sui calcestruzzi.....	18
6.3.3	Controlli sonici	18
6.3.4	Carotaggi meccanici	19
6.4	Controlli sui diaframmi di fanghi autoindurenti	19
6.4.1	Generalità.....	19
6.4.2	Cemento	19
6.4.3	Bentonite.....	20
6.4.4	Acqua.....	20
6.4.5	Controlli delle miscele.....	20
6.4.5.1	Campionamenti.....	20
6.4.5.2	Controlli	21
6.4.6	Frequenza dei campionamenti e dei controlli.....	21
6.4.7	Registrazione dei dati	22
6.4.8	Prove di laboratorio	22
6.4.9	Controlli dopo la realizzazione dei diaframmi	23

1 DEFINIZIONI

Il diaframma o paratia è una struttura prefabbricata o gettata in opera che viene realizzata per sostenere scavi artificiali di natura provvisoria e/o definitiva impedendo il refluo del terreno all'interno dello scavo. I diaframmi possono essere realizzati in calcestruzzo armato, calando gabbie appositamente create, o con un composto detto plastico costituito da bentonite e calcestruzzo.

1.1 Diaframmi in calcestruzzo armato

Per diaframmi in calcestruzzo armato si intendono gli elementi realizzati attraverso lo scavo verticale con specifica attrezzatura (benna tipo Kelly o idrofresa) e successiva posa di gabbie di armatura e getto di calcestruzzo.

1.2 Diaframmi plastici

Per diaframma plastico si intende un muro continuo, interrato ed impermeabile, realizzato asportando il terreno con le attrezzature di scavo e con l'ausilio di fanghi bentonitici autoindurenti.

I fanghi bentonitici autoindurenti hanno il duplice scopo di consentire lo scavo e la realizzazione del diaframma in unica fase operativa:

- a breve termine i fanghi operano quali fluido di perforazione e sostegno delle pareti di scavo e degli ambiti circostanti;
- a lungo termine assolvono la funzione di diaframmatura plastica continua ed impermeabile, con caratteristiche di resistenza e deformabilità adeguate alle esigenze dell'opera.

Lo scavo è eseguito per elementi singoli (diaframmi), le cui dimensioni corrispondono alle dimensioni nominali dell'utensile di scavo, o ad un suo multiplo, sempre in presenza di fango.

I giunti di un diaframma sono costituiti dall'ammorsamento dei diaframmi secondari nei primari, rispettando una sequenza di tempi esecutivi opportuna.

I diaframmi plastici possono inoltre trovare altre applicazioni: essi stessi in disposizione isolata possono costituire il giunto impermeabile fra diaframmi in c.a. non allineati.

2 NORME DI MISURAZIONE

La misurazione dei diaframmi ai fini di applicazione delle corrispondenti voci di prezzo è eseguita a metro quadrato di pannelli realizzati e secondo lo spessore di progetto.

Detta misurazione verrà effettuata computando, come altezza, la profondità prevista dal progetto approvato od altra altezza ordinata dalla Direzione Lavori in corso di esecuzione; tale profondità andrà distinta in:

- parte seguita da getto delimitata superiormente dal contatto con l'elemento strutturale contiguo, esclusa l'altezza prevista di scapitozzatura,
- scavo a vuoto

Come sviluppo del diaframma sarà assunto lo sviluppo in pianta dell'asse geometrico dei diaframmi stessi; nel caso di diaframmi compositi lo sviluppo sarà misurato nei seguenti modi:

- la somma degli sviluppi elementari dei pannelli componenti, senza sovrapposizioni di aree, nel caso di diaframmi a C, a T ed a doppio T
- la somma dei tre segmenti mediani nel caso di diaframmi compositi a Y.

Nei prezzi di realizzazione dei diaframmi si intendono compensati tutti gli oneri principali ed accessori quali:

- la predisposizione dei piani di lavoro
- la realizzazione e successiva demolizione dei cordoli guida
- la preparazione dei fanghi di scavo, la loro gestione ed il loro dissabbiamento
- lo scavo dei diaframmi ed i controlli in corso di scavo come di seguito specificati
- il trasporto a discarica dei materiali di risulta con mezzi stagni; gli oneri di discarica
- gli oneri per eventuali rinvenimenti o attraversamenti di manufatti interrati
- i maggiori consumi di fanghi e calcestruzzi per problemi vari, incluse maggiori quote di getto rispetto quelle di progetto e gli sfridi

- ogni onere di scavo e getto derivante dall'adozione di spessori di scavo maggiori di quelli di progetto, per mancata disponibilità di utensili di scavo identificanti lo spessore di progetto
- gli oneri per rendere stagni i giunti e gli oneri di intervento in caso di perdite durante gli scavi finali
- la posa in opera delle armature in presenza di fanghi; la fornitura e la posa dei distanziatori laterali ed inferiori della gabbia
- il getto del calcestruzzo con sistema Contractor in presenza di fanghi
- la scapitozzatura finale per l'altezza prevista nel presente capitolato speciale: minimo 50 cm
- la sistemazione faccia a vista della parete lato scavo, inclusa la idrofresatura delle parti sbulbate
- i controlli, come specificati di seguito, inclusi carotaggi, prove soniche, inclinometri, eccetera
- quant'altro previsto nella presente specifica come lavorazione annessa alla realizzazione del diaframma

Lo scavo del diaframma in materiale coesivo plastico, che può causare fenomeni di clogging alla testa fresante, verrà compensata a parte come sovrapprezzo alle normali operazioni di scavo.

L'armatura sarà compensata per kg di gabbia di armatura messa in opera; il peso della gabbia sarà computato dalle tavole di progetto, prendendo in conto tutte le lunghezze di ferro ivi disegnate: eventuali barre aggiunte dall'Appaltatore per facilitare il trasporto e la posa della gabbia, ricadranno a carico del medesimo Appaltatore.

La misurazione dei diaframmi si riferisce alla loro lunghezza utile misurata a partire dal piano inferiore della struttura sovrastante, ritenendosi compresi nel prezzo gli oneri tutti per la preparazione del piano di lavoro e l'esecuzione delle guide in calcestruzzo.

3 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

3.1 Soggezioni geotecniche e ambientali

Al fine di tarare la tecnologia di esecuzione, l'impresa è tenuta a conoscere le circostanze geologiche del sito come illustrate nei documenti contrattuali e progettuali; inoltre l'impresa effettuerà ogni accertamento che la medesima valuterà necessario: approfondimenti geognostici, prove tecnologiche, eccetera.

La conoscenza delle condizioni idrogeologiche, geotecniche ed ambientali lungo lo sviluppo del diaframma in progetto consente di escludere la possibilità di eseguire il lavoro mediante perforazione "a secco", cioè senza impiego di fanghi di stabilizzazione delle pareti scavate: in particolare tale esclusione deriva dalle seguenti circostanze:

- presenza di terreni incoerenti
- presenza di falda
- occasionali strette attiguità con i fabbricati esistenti
- per idrofresa: modalità di circolazione inversa del fluido di raffreddamento ed asportazione detriti

3.2 Prove tecnologiche preliminari

La scelta delle attrezzature, dei procedimenti ed i principali dettagli esecutivi per la realizzazione dei diaframmi dovranno essere sottoposti dall'Appaltatore alla Direzione dei Lavori per la necessaria approvazione.

Qualora l'Appaltatore lo ritenga necessario, o se richiesto dalla Direzione dei Lavori in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità di tali attrezzature e dei procedimenti sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari; in tali prove rientrano anche eventuali accertamenti geognostici che l'Appaltatore ritenesse dover eseguire per meglio individuare e definire ogni problematica per una migliore impostazione dell'attività da eseguire in relazione alle caratteristiche del terreno: stabilità delle pareti, strati di particolare consistenza, presenza e dimensioni di trovanti, etc.

3.3 Scavo ed evacuazione del marino

Scavo

Le tecnologie da adottare per lo scavo sono correlate sia con la natura delle formazioni geologiche sia con lo scopo per cui gli elementi vengono eseguiti.

Per i diaframmi in calcestruzzo, la tecnologia realizzativa deve essere basata su un gruppo di macchine costituite sostanzialmente per la parte di scavo da due attrezzature:

- la principale è l'idrofresa, dotata di un carro cingolato con braccio che porta un gruppo fresante costituito da elementi controrotanti, muniti di denti di metallo duro, atta allo scavo anche di materiali rocciosi o conglomerati naturali addensati e cementati con azione continua radente e conseguente frantumazione del materiale per renderlo asportabile con la circolazione inversa del fango bentonitico tramite adeguata pompa;
- la secondaria è il Kelly, comprensivo di un escavatore dotato di benna mordente con lo scopo principale di imboccare lo scavo e innescare il circuito del fango ed eseguire i lavori ausiliari per l'idrofresa.

Le idrofresare sono le attrezzature previste per lo scavo delle formazioni alluvionali sia addensate che grossolane o cementate, i Kelly oltre che per i compiti ausiliari possono scavare tratte di materiali più fini e/o sciolti, limitate alle zone più superficiali.

Lungo la verticale di scavo, la voce di prezzo indicata per la realizzazione delle paratie, comprende le seguenti tecnologie:

- scavo con idrofresa dalla profondità di 9 m utili fino a fondo pannello;
- scavo con Kelly o con idrofresa, a discrezione dell'esecutore, per la tratta limitata ai primi 9 m fermo restando che dovranno essere rispettate le tolleranze di lavorazione/esecuzione previste per le idrofresare nel presente capitolato speciale d'appalto. Lo scavo con Kelly potrà essere ammesso, previo consenso della Direzione dei Lavori, anche per profondità superiori ai 9m, o laddove il progetto non imponga tolleranze ammissibili compatibili solo con l'idrofresa.

Per i diaframmi plastici:

scavo con Kelly o con idrofresa, a discrezione dell'esecutore, in funzione sia della natura delle formazioni geologiche, che dello scopo per cui gli elementi vengono eseguiti

Evacuazione del marino

L'evacuazione del marino avverrà per via idraulica tranne che per le tratte scavate con kelly. Nella voce è compreso il complesso di attrezzature per il trattamento dello smarino e dei fanghi con centrifugazione, vagliatura, containers per i materiali esausti ed inquinanti e quant'altro, il tutto connesso tramite tubazioni e pompe al gruppo fresante. Altresì rimangono a carico dell'appaltatore gli oneri per il trasporto del materiale come sopra trattato a discarica anche speciale.

3.4 Preparazione dei piani di lavoro e dei cordoli guida

3.4.1 Piani di lavoro

Le attrezzature di perforazione e di servizio dovranno operare da un piano di lavoro preventivamente realizzato con una massicciata in misto stabilizzato di spessore almeno pari a 50 cm, con superficie pressoché orizzontale e con pendenza massima ammessa pari allo 1%, adeguatamente compattato in modo da evitare variazioni di assetto delle attrezzature durante il loro funzionamento. La capacità portante della piattaforma di lavoro dovrà essere almeno pari a 2 kg/cmq.

La quota dei piani di lavoro dovrà essere posta almeno 1.5 m sopra la massima quota dei livelli piezometrici delle falde acquifere (freatiche e/o artesiane) presenti nel terreno o prevedibili nel periodo di esecuzione dei lavori di scavo dei diaframmi.

L'Appaltatore è comunque responsabile della idoneità del piano di lavoro predisposto in termini di operatività dei mezzi previsti e di sicurezza di personale addetto e mezzi.

3.4.2 Cordoli guida

Gli assi longitudinali dei diaframmi saranno materializzati mediante coppie di cordoli-guida (corree), paralleli e contrapposti ad una distanza netta pari allo spessore nominale del diaframma, aumentato di 3÷5 cm.

I cordoli hanno la funzione di guidare l'utensile di scavo, sostenere il terreno più superficiale e costituire un'adeguata vasca per le escursioni del livello del fango bentonitico durante l'introduzione dell'utensile di scavo. Particolare cura va quindi posta nella loro esecuzione sia nei riguardi del tracciamento (quota superiore e direzione), sia per la loro verticalità, in quanto essi costituiscono l'elemento fondamentale per ogni riferimento del diaframma (quote ed allineamento).

I cordoli saranno realizzati in conglomerato cementizio della classe di resistenza caratteristica 25 N/mmq con leggera e continua armatura: 6 Φ 12 longitudinali con staffe Φ 6/40 cm, salvo diversa prescrizione degli elaborati di progetto. Comunque, in ogni caso il dimensionamento dell'armatura della correa deve essere tale

da garantire l'appoggio dell'utensile in fase di sosta temporanea oltre che l'appoggio delle armature metalliche in fase di alloggiamento nello scavo.

Le dimensioni minime saranno 0.25 x 0.80 m; in caso di avvenuta asportazione di sottoservizi o altro impedimento interrato, i cordoli saranno approfonditi al di sotto dell'ostacolo; in alternativa si procederà ad una preventiva bonifica riempiendo i volumi di terreno interessato con calcestruzzo magro o con misto stabilizzato almeno sino la quota di imposta dei cordoli di guida ed a tergo di questi; in caso di preesistenze arboree il cordolo dovrà essere sostituito da adeguato elemento metallico a tutela e salvaguardia delle suddette preesistenze.

Il getto dei cordoli sarà eseguito contro il terreno naturale di scavo quale cassero esterno; si avrà cura di posizionare con precisione le cassetture interne contrapposte, in modo da ottenere che la linea mediana delle corree non si discosti dalla posizione planimetrica del diaframma in misura superiore alla tolleranza ammessa (vedi paragrafo successivo). Una volta scasserati, i cordoli saranno puntellati per garantirne stabilità e posizione.

I cordoli saranno adeguatamente marcati con chiodi e strisce di vernice indelebile in corrispondenza degli estremi di ciascun elemento di diaframma. In ogni caso l'Appaltatore è tenuto a garantire la conservazione di tali indicazioni, anche con riferimenti esterni.

L'Appaltatore è comunque responsabile della idoneità dei cordoli predisposti ad assolvere ogni funzione loro attribuita e della salvaguardia dell'ambiente circostante da cedimenti, per franamenti superficiali dello scavo, e da inquinamenti per inconsulta circolazione dei fanghi.

3.5 Tolleranze

I diaframmi dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto o richieste dalla Direzione dei Lavori:

- Posizione planimetrica dell'asse del diaframma rispetto alla linea mediana delle ± 3 cm corree:
- Quota di testa diaframma: ± 5 cm
- Profondità: $- 10 + 25$ cm
- Verticalità assoluta per scavo a benna: $\pm 1\%$
- Complanarità dei giunti per scavo a benna: $\pm 1\%$
- Verticalità assoluta per scavo con idrofresa: $\pm 0,2\%$
- Complanarità dei giunti per scavo con idrofresa: $\pm 0,2\%$
- Livello testa gabbia rispetto testa corree: ± 3 cm
- Posizione gabbia orizzontale-longitudinale, misurata fra centro gabbia e centro ± 3 cm pannello:
- Posizione gabbia orizzontale-trasversale, misurata fra centro gabbia e centro ± 3 cm pannello:

N.B.: il rispetto della complanarità dei giunti comporta una limitazione nella tolleranza ammessa per la verticalità assoluta dei diaframmi; se un diaframma è discosto di una certa percentuale, comunque rientrando nella tolleranza specificata per i differenti tipo di scavo, il diaframma adiacente può essere discosto dalla verticale ma solo nella stessa direzione, oppure deve essere perfettamente verticale.

L'impresa sarà tenuta ad eseguire a proprio totale onere tutte le opere sostitutive e/o complementari che si rendessero necessarie per rendere piena funzionalità al diaframma in caso di esecuzione non rientrando nelle tolleranze specificate, secondo le istruzioni impartite dalla Direzione Lavori.

Per rispettare i limiti di tolleranza imposti, il pannello dovrà essere scavato monitorando in maniera accurata e continua in funzione della profondità ogni deviazione dalla verticalità, in entrambe le direzioni per consentire all'operatore di intervenire immediatamente e correggere ogni tendenza ad ulteriori deviazioni dalla verticalità. A questo scopo l'effettiva posizione dell'utensile di scavo dovrà essere rilevata nel corso della perforazione in modo continuo e visualizzata in tempo reale su un apposito video ubicato di fronte all'operatore.

Il pannello dovrà perciò essere scavato per mezzo di una attrezzatura equipaggiata con un sistema computerizzato di acquisizione-restituzione dei dati di verticalità, ad esempio costituita da un profonditàmetro (encoder) e da un minimo di 2 inclinometri per il rilevamento in tempo reale della profondità e dell'inclinazione dell'utensile; il sistema dovrà provvedere anche alla registrazione elettronica dei dati rilevati per documentare i

risultati ottenuti; l'attrezzatura di scavo deve essere manovrabile per consentire immediate correzioni delle deviazioni accertate.

Per ogni pannello scavato, prima delle operazioni di getto, l'Appaltatore dovrà essere in grado di fornire alla Direzione dei Lavori la restituzione grafica dell'ubicazione del pannello rispetto al teorico. L'Appaltatore è tenuto a completare il pannello nei limiti delle tolleranze eseguite: in caso di scostamenti superiori alle tolleranze attese, durante la successiva fase di scavo della stazione o del pozzo, il materiale della parete interna del pannello eccedente il profilo teorico dovrà essere riprofilato con idrodemolizione o sistemi affini fino a garantire lo spessore minimo ammesso per la parete di rifodera se presente.

Ove a discrezione della Direzione dei Lavori si rendesse necessario eseguire dei maggiori controlli in corso di scavo ed al termine del medesimo, l'appaltatore dovrà eseguire due tipi di verifica: 1) il controllo della verticalità; 2) il controllo della geometria delle pareti dello scavo.

Per le prove di verticalità, si dovranno utilizzare inclinometri mono o biassiali, rilevando i parametri relativi sia nella fase di discesa che in quella di risalita degli strumenti utilizzati; gli intervalli tra le letture non dovranno essere superiori a 2 m. In cantiere dovrà essere disponibile un'ideale attrezzatura che consenta la verifica e l'eventuale taratura degli strumenti utilizzati, che dovrà in ogni caso essere eseguita prima dell'inizio di ogni ciclo di rilevamento.

L'esecuzione del controllo delle pareti dello scavo di ogni elemento dovrà essere eseguita per mezzo di ecometri (Koden). Le modalità d'impiego degli strumenti dovranno essere conformi alle prescrizioni dettate dal costruttore ed opportunamente riportate nel manuale d'uso dello strumento.

Anche per questo tipo di rilevamento l'intervallo tra le letture eseguite non potrà essere superiore ai 50 cm. La strumentazione utilizzata dovrà consentire anche il rilevamento in ogni punto dell'angolo di rotazione che lo scavo potrebbe aver subito.

4 MATERIALI

4.1 Armature metalliche

4.1.1 Aspetti generali

Le armature dovranno soddisfare le prescrizioni delle normative "Linee Guida del Ministero dei LL.PP. sul calcestruzzo strutturale" (Settembre 2017) e DM 17 gennaio 2018 (Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in c.a., normale e precompresso e delle strutture metalli), nonché essere conformi al progetto ed approvate dalla Direzione dei Lavori.

Le armature metalliche saranno costituite da barre ad aderenza migliorata B450C; le armature trasversali dei diaframmi saranno costituite da staffe esterne ai ferri longitudinali connesse a questi ultimi mediante almeno doppia legatura in filo di ferro o giunzione mediante opportuna saldatura.

Le armature verranno pre-assemblate fuori opera in "gabbie", i collegamenti saranno ottenuti con morsetti o con almeno doppia legatura in filo di ferro sulla lunghezza minima di sovrapposizione di 40 diametri; in caso di giunzione mediante saldatura, se autorizzata dalla Direzione dei Lavori, la stessa dovrà essere eseguita unicamente con tecniche tali da non alterare la resistenza strutturale dell'acciaio. Dette saldature dovranno essere effettuate da personale dotato di abilitazione.

Al fine di irrigidire le gabbie d'armatura dovranno essere predisposti, a carico dell'Appaltatore, i necessari ferri diagonali, distanziatori, rinforzi od equivalenti.

In funzione della tecnica di sollevamento ed assemblaggio che l'Appaltatore adotterà, questo predisporrà a proprio carico appositi ferri di irrigidimento e di supporto (morsetti e staffoni) atti a sollevare, movimentare e porre in opera le gabbie evitandone eccessive deformazioni.

Le gabbie di armatura avranno una lunghezza di almeno 20 cm inferiore a quella dello scavo, per evitarne l'appoggio sul fondo ed il conseguente inarcamento. L'appoggio sul fondo dello scavo dovrà essere escluso mantenendo sospesa l'armatura mediante barre metalliche appoggiate sui codoli guida ed intersecanti la gabbia in corrispondenza degli staffoni di supporto.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura rispetto alle pareti di scavo ed un copriferro netto minimo di 5 cm rispetto allo spessore nominale dello scavo. I centratori saranno posti a gruppi in numero di almeno 1 ogni metro su ogni lato esterno della stessa sezione, regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 3÷4 m fra sezioni.

Ugualmente, per garantire l'isolamento della gabbia dal fondo scavo anche in fase di posa, saranno disposti a piede gabbia distanziatori dei ferri verticali, in numero di 1 per metro di sviluppo perimetrico di scavo: ad esempio potranno adottarsi cilindri cementizi superiormente cavi da solidarizzare alle estremità delle barre verticali, tali da garantire un copriferro minimo di 5 cm anche nel caso si sommassero sfavorevolmente le tolleranze di scavo e posa gabbia.

Le gabbie di armatura stoccate in opera dovranno essere chiaramente contrassegnate per individuarne la corretta corrispondenza al diaframma e, se in spezzoni, la destinazione in profondità.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine: in caso di stoccaggio in cantiere prolungato oltre le 48 ore, l'Appaltatore dovrà prendere le adeguate misure di protezione mediante teli di copertura; in cantiere le gabbie dovranno essere stoccate in maniera da salvaguardarle sia dal contatto con il terreno, sia da fenomeni deformativi.

4.1.2 Sistemi di protezione dalle correnti vaganti

Le predisposizioni per il controllo delle correnti vaganti nelle armature del cemento armato dovranno rispettare i requisiti previsti dalla normativa CEI EN 50122-2 del 2010: "Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi. Parte 2. Protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua".

In particolare, le saldature, che potranno essere fatte con elettrodi a bassa resistenza, dovranno rispettare i seguenti minimi:

- sui ferri sovrapposti la saldatura sarà del tipo a cordone semplice o doppio purché la lunghezza complessiva sia pari ad almeno 5 volte il diametro del ferro;
- sui ferri incrociati la saldatura dovrà costituire un collegamento tale che nessuna sezione passante per il nodo possa risultare inferiore alla sezione del ferro con diametro minore.

È da prevedere la realizzazione dell'accessibilità dall'interno del manufatto ai ferri elettricamente continui mediante una nicchia, da predisporre prima del getto, e/o mediante piastre metalliche e/o profilati ad "L" da saldare ai ferri, previa demolizione del copriferro.

4.1.3 Norme di applicazione e valutazione

È richiesto il requisito di saldabilità per le barre facenti parte di gabbie di armatura che richiedono espressamente punti di saldatura elettrica.

La continuità dell'armatura in ferro, ai fini del contenimento delle correnti vaganti, è compresa e compensata dal sovrapprezzo dell'acciaio di armatura.

4.2 Armature in vetroresina

Di norma i profilati in vetroresina dovranno essere a sezione circolare, piena o cava, con diametri variabili da 20mm a 60mm; sia in guisa di profilati ed elementi piatti o con geometria particolare: a doppio T, a U, prismatica. Per i profilati a sezione cava si richiedono spessori minimi non inferiori a 5 mm.

La superficie dei profilati dovrà essere del tipo ad aderenza migliorata, ottenuta mediante trattamento di filettatura continua o con apporto di materiale.

I profilati dovranno essere non giuntati per lunghezze fino a 15m, mentre per lunghezze maggiori la giunzione dovrà essere ottenuta mediante manicotti di resistenza non inferiore a quella del tubo. Non saranno ammesse giunzioni incollate.

L'impiego di profilati con sezioni di geometria particolare (a doppio T, a U, prismatica) e di profilati piatti composti potrà essere consentito se previsto dal progetto e dopo verifica dell'efficacia da parte della Direzione Lavori.

I materiali utilizzati dovranno essere certificati dal produttore. Le caratteristiche minime richieste dovranno essere comprese entro i limiti fissati della seguente tabella:

CARATTERISTICHE	UNITA' DI MISURA	MATRICE		NORME DI RIF.
		POLIESTERE	RESINA EPOSSIDICA	
Massa di volume	Kg/dm ³	16.5÷18.5	18.5 19.5	UNI 7092/72; ISO 10406-1, 5
Contenuto di vetro in percentuale della massa	%	50÷70	60÷75	--
Resistenza a trazione	MPa	400÷650	> 800	UNI 5819/66; ISO 10406-1, 6 - ASTMD 638
Resistenza a flessione	MPa	300÷600	> 750	ISO 10406-1, 7; UNI 7219/73 - ASTMD 790
Resistenza al taglio	MPa	> 85	> 120	ISO 10406-1,13; ASTM D 732
Resistenza a compressione	MPa	150÷300	> 450	UNI EN ISO 604:1998 - ASTMD 695
Modulo di elasticità	MPa	15000÷32000	35000÷42000	ISO 10406-1,6; UNI 5819/66

4.3 Calcestruzzi

4.3.1 Classe e caratteristiche

Saranno conformi a quanto prescritto nei disegni di progetto e nella corrispondente sezione n 6 del presente Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B.

4.3.2 Componenti

L'Appaltatore deve accertarsi preventivamente all'inizio delle lavorazioni che i componenti siano disponibili in quantità sufficiente a coprire l'intero fabbisogno per il confezionamento del calcestruzzo necessario per i getti previsti.

Ogni qualvolta si verificheranno variazioni delle caratteristiche dei componenti, l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione dei Lavori le prove di accettabilità dei materiali.

Cemento

Il cemento deve possedere le caratteristiche previste dalle norme vigenti.

Differenti scelte potranno conseguire da eventuali accertamenti di fenomeni di aggressione dell'ambiente esterno.

Inerti

Gli inerti, preferibilmente non provenienti da frantumazione, devono possedere le caratteristiche specificate nelle norme UNI 8520-2 ed eventuali aggiornamenti.

La dimensione massima degli inerti non deve superare il 70% della distanza minima tra i ferri di armatura.

Gli inerti devono essere suddivisi in un numero di classi tale da garantire costantemente le caratteristiche di resistenza specificate e la lavorabilità del calcestruzzo: l'Appaltatore, in base agli inerti disponibili, proporrà alla approvazione della Direzione dei Lavori la curva granulometrica che intende utilizzare.

Acqua di impasto

Si utilizzerà acqua chiara di cantiere, dolce, le cui caratteristiche chimico-fisiche dovranno soddisfare i requisiti specificati nelle norme normative "Linee Guida del Ministero dei LL.PP. sul calcestruzzo strutturale" (Settembre 2017) e D.M.17/01/18 (Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in c.a., normale e precompresso e delle strutture metalli) e successivi aggiornamenti.

L'appaltatore è tenuto a far eseguire da un laboratorio ufficiale, preventivamente all'inizio dei lavori, l'analisi chimica completa dell'acqua che intende utilizzare, presentandone il risultato alla Direzione dei Lavori.

Analoga certificazione dovrà essere eseguita ad ogni cambio di fornitura od a richiesta della Direzione dei Lavori

4.3.3 Additivi

E' ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. E' ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante; i prodotti commerciali che l'Appaltatore si propone di usare dovranno essere sottoposti all'approvazione preventiva della Direzione dei Lavori

4.3.4 Preparazione e trasporto

Il calcestruzzo sarà confezionato utilizzando centrali di preparazione automatiche, con dosaggio in peso dei componenti.

E' ammesso l'approvvigionamento presso impianti di confezionamento; gli additivi eventualmente impiegati all'impianto dovranno essere chiaramente indicati.

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun diaframma assolutamente senza soluzione di continuità, con cadenza minima di 25 mc/h.

L'Appaltatore pertanto dovrà garantire la disponibilità del calcestruzzo necessario per soddisfare la produzione giornaliera di diaframmi in accordo al programma di costruzione.

Il trasporto potrà avvenire esclusivamente mediante autobetoniere.

Al momento del getto dovranno essere verificabili indici di consistenza UNI9858 del calcestruzzo di classe S4 (slump misurato con il cono di Abrams compreso tra 16 e 20).

Dalle betoniere sarà prelevato il calcestruzzo atto a confezionare cubetti di prova per le successive analisi e prove di laboratorio, secondo quanto specificato nella sezione 6 del Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B.

4.3.5 Certificazione

L'Appaltatore fornirà alla Direzione Lavori, anche al momento della posa in opera se presente, copia originale della bolla di consegna di ciascuna betoniera, esplicitante la composizione del prodotto, il volume e l'ora di confezione.

4.4 Fanghi di perforazione

Di norma verranno utilizzati in perforazione fanghi bentonitici per i quali si riportano a seguire le specifiche di fornitura, miscelazione e gestione; l'Appaltatore, a propria scelta tecnica ed a propria spesa può proporre l'uso di fanghi non bentonitici, ad esempio utilizzando polimeri biodegradabili: in tal caso, oltre alla dovuta certificazione dei prodotti, l'Appaltatore si farà carico di proporre una specifica di uso e di eseguire a proprio carico prove di scavo per la finale approvazione della Direzione dei Lavori.

4.4.1 Bentonite in polvere

La bentonite avrà le caratteristiche indicate di seguito:

- Residuo al vaglio da 10.000 maglie/cm ^q	≤ 1 %
- Tenore di umidità	≈ 15 %
- Limite di liquidità	≥ 400 %
- Viscosità Marsh della sospensione al 6% in acqua distillata	≥ 40"
- Decantazione della sospensione al 6% in 24 ore	≤ 2 %
- Acqua separata per pressofiltrazione di 450 cc della sospensione al 6% in 30' a 7 bar	≤ 18 cc
- pH dell'acqua filtrata	7 ≤ pH ≤ 9
- Spessore del cake sul filtro della filtro- pressa	≤ 2.5 mm

La scelta del tipo di bentonite, certificata dal fornitore, è assoggettata alla sua affinità con le caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo e dell'acqua di falda.

4.4.2 Fanghi

I fanghi saranno ottenuti per idratazione della bentonite in acqua dolce di cantiere le cui caratteristiche e limiti accettabili di contenuti risponderanno ai seguenti valori :

Contenuto	Limite	Frequenza di controllo
Solfati (SO ₃)	< 20 mg/l	1 ogni settimana

Cloruri (Ione Cl)	< 20 mg/l	1 ogni settimana
Sostanze sospese	< 2 g/l	1 ogni settimana per filtrazione

Potranno utilizzarsi eventuali additivi non flocculanti.

Il dosaggio di bentonite, in peso rispetto all'acqua, deve risultare di norma compreso fra il 4 e l'8%. Variazioni in più o in meno saranno stabilite, in sede esecutiva, in relazione ad eventuali problematiche di confezionamento o di appesantimento durante la perforazione, al fine comunque di garantire la stabilità dello scavo.

4.5 Fanghi autoindurenti

La composizione del fango bentonitico dovrà essere predefinita in base ad uno specifico studio di laboratorio, effettuato a cura ed onere dell'Appaltatore utilizzando campioni degli stessi prodotti che verranno utilizzati in cantiere: a seguito di tale studio saranno definite le composizioni atte ad ottenere le caratteristiche meccaniche e di permeabilità finali utili per il progetto dell'opera.

La composizione così prevista dovrà essere approvata dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore è comunque responsabile dell'idoneità dei prodotti componenti prescelti, del dosaggio impiegato e dei risultati a lungo termine delle miscele impiegate in funzione dei presupposti del progetto.

In cantiere si eseguiranno inizialmente dei controlli a breve termine: qualora i risultati fossero discordanti da quelli di laboratorio e comunque non accettabili al confronto con i parametri di seguito indicati, verificati gli effettivi dosaggi, si procederà come segue:

- correzione della dose di bentonite fino a raggiungere valori soddisfacenti del rendimento volumetrico e della viscosità;
- verifica dei prodotti per accertare se sono conformi al capitolato di fornitura concordato con il fornitore, in conformità ai prodotti già utilizzati per la predefinizione in laboratorio;
- eventuale sostituzione dei prodotti difformi impiegati, se utile e conveniente; si eviterà di cambiare il dosaggio, del cemento in particolare, se non dopo accertamento ed autorizzazione da parte del medesimo laboratorio.

In generale i rapporti ponderali fra prodotti solidi ed acqua sono compresi nei seguenti campi di variabilità:

- cemento/acqua = 0,20 ÷ 0,30
- bentonite/acqua = 0,05 ÷ 0,07

Le quantità equivalenti in peso, riferite ad 1 m³ di miscela, sono:

- cemento = 185 ÷ 270 kg
- bentonite = 45 ÷ 65 kg
- acqua = 890 ÷ 920 kg

avendo assunto un peso specifico di 3t/m³ per il cemento e di 2,7t/m³ per la bentonite.

Il peso di volume della miscela, all'interno della suddetta gamma di composizioni, risulta, a meno di apprezzabili inglobamenti di aria:

- $\gamma = 1,14 \div 1,22 \text{ t/m}^3$

5 MODALITÀ ESECUTIVE

5.1 Prescrizioni generali

Nell'esecuzione dei diaframmi dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti necessari a realizzare l'opera conformemente ai requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda il rispetto della verticalità, la complanarità e l'impermeabilità dei giunti.

Le attrezzature, gli utensili e le modalità di scavo dovranno essere definite dall'Appaltatore in modo da assicurare il raggiungimento delle profondità previste in progetto, l'attraversamento di eventuali strati di terreno lapidei o cementati, il superamento di trovanti di durezza e dimensione qualsiasi come di strati limoso-argillosi, indipendentemente dalle previsioni geognostiche formulate in progetto.

Il numero delle attrezzature dovrà essere tale da consentire di completare le opere nei tempi previsti nel Programma Lavori approvato.

La distanza minima fra gli assi di due diaframmi, in contemporaneo corso di scavo o di getto, dovrà essere tale da impedire eventuali fenomeni di interazione e comunque non inferiore a 10m. Qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta

notturna, mancato trasporto e fornitura dei materiali, etc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarla solo nell'imminenza del getto; in caso di rischio di stabilità delle pareti di scavo, a valutazione dell'Appaltatore o della Direzione dei Lavori, potrà corrispondere la necessità di riempire provvisoriamente lo scavo. Di norma il getto dovrà seguire lo scavo di ciascun pannello; previa autorizzazione della Direzione dei Lavori, l'Appaltatore potrà realizzare pannelli di dimensioni maggiori rispetto allo standard previsto in progetto. In tale ultimo caso l'Appaltatore dovrà provvedere all'adeguamento progettuale delle gabbie di armatura.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dagli scavi e dalle lavorazioni comunque connesse con la realizzazione di diaframmi. Il terreno di risulta sarà caricato su autocarri aventi i cassoni a tenuta stagna, nel rispetto delle leggi comunali e di igiene ambientale.

5.2 Attrezzature

5.2.1 Escavatori

Le caratteristiche degli escavatori e delle gru di servizio dovranno essere scelte dall'Appaltatore in relazione alle capacità operative effettivamente necessarie per eseguire scavi, posa gabbie e getti, in conformità con le prescrizioni di progetto, tenendo in conto l'operatività del cantiere, l'attiguità di fabbricati ed in generale ogni condizionamento connesso con l'ambito operativo urbano.

5.2.2 Benne mordenti

Le dimensioni delle benne mordenti dovranno corrispondere alle dimensioni nominali dei diaframmi da scavare, salvo differenti opportunità in previsione di scavo di diaframmi multipli.

Le benne mordenti possono essere a funzionamento idraulico o meccanico.

Le benne possono essere manovrate mediante fune libera, o tramite aste di guida tipo Kelly.

Le attrezzature Kelly possono essere del tipo monoblocco, o telescopico. Nei Kelly telescopici i dispositivi di battuta devono essere tali da evitare rotazioni relative tra le varie aste.

L'ancoraggio del Kelly sull'escavatore deve essere realizzato in modo da ridurre gli effetti di beccheggio e garantirne la stabilità; a questo proposito l'appaltatore dovrà fornire la verifica al ribaltamento in condizioni statiche e dinamiche dell'insieme kelly-escavatore.

L'Appaltatore dovrà disporre sul cantiere dell'attrezzatura accessoria di scavo atta a superare strati lapidei, strati cementati e trovanti di varia dimensione e durezza: scalpelli, benne pesanti, benne con taglienti, etc.

5.2.3 Frese idrauliche (Idrofresa)

Le frese idrauliche per lo scavo dei diaframmi dovranno essere costituite da due ruote idrofresanti, dotate di opportuna dentatura, in movimento rotativo sincrono opposto.

I tamburi idrofresanti saranno azionati da motori idraulici ad albero fisso e telaio ruotante inseriti al loro interno, oppure ad essi collegati con opportuni cinematismi.

Il telaio della idrofresa idraulica dovrà contenere la pompa per la circolazione del fango di perforazione, avente portata non inferiore a 120 l/sec e prevalenza adeguata a superare tutti i dislivelli e le perdite di carico esistenti tra il piano di corree e l'impianto di recupero dei fanghi, tenendo in conto che attraverso il recupero dei fanghi avviene l'allontanamento del detrito di scavo.

Le dimensioni dell'idrofresa in pianta dovranno corrispondere a quelle dei diaframmi da scavare; è ammessa l'esecuzione di diaframmi di lunghezza superiore allo standard (secondo le condizioni di cui al paragrafo 5.1).

5.2.3.1 Impianto di preparazione del fango autoindurente

L'impianto di preparazione del fango sarà costituito da:

- silos di stoccaggio della bentonite in polvere
- silos di stoccaggio del cemento
- dosatori automatici
- mescolatori automatici in grado di garantire la minuta suddivisione delle particelle di bentonite sospese;
- vasche di agitazione, maturazione e stoccaggio del fango fresco prodotto componendo acqua e bentonite;
- vasche di miscelazione del cemento al fango bentonitico;
- pompe e circuito di alimentazione del fango fino allo scavo.

5.2.4 Impianto di preparazione del fango di perforazione

L'impianto di preparazione del fango sarà costituito da:

- silos di stoccaggio della bentonite in polvere;
- dosatori automatici;
- mescolatori automatici in grado di garantire la minuta suddivisione delle particelle di bentonite sospese;
- vasche di agitazione, maturazione e stoccaggio del fango fresco prodotto;
- relative pompe e circuito di alimentazione e di recupero fino agli scavi;
- vasche di recupero;
- dissabbiatori;
- vasca di raccolta della sabbia e di sedimentazione del fango non recuperabile.

Il fango sarà ottenuto miscelando, fino ad ottenere una sospensione finemente dispersa, i seguenti componenti:

- acqua dolce di cantiere;
- bentonite in polvere;
- additivi eventuali (disperdenti, sali tampone, etc.).

Dopo la miscelazione, la sospensione verrà immessa nelle apposite vasche di "maturazione" del fango, nelle quali essa dovrà rimanere per un tempo adeguato, prima di essere impiegata nella perforazione. Di norma la maturazione richiede da 12 a 24 ore.

5.2.5 Impianto di depurazione e recupero dei fanghi

L'Appaltatore dovrà predisporre e mantenere operanti idonee apparecchiature di depurazione del fango che consentano di eliminare o ridurre le quantità di detrito trattenuto in sospensione. L'efficacia di tali apparecchiature dovrà essere tale da mantenere il peso di volume del fango presente nello scavo entro i limiti seguenti:

- non superiore a 1.25 t/mc nel corso della perforazione;
- non superiore a 1.15 t/mc prima dell'inizio delle operazioni di getto.

La determinazione prima dell'inizio del getto dovrà essere eseguita su campioni prelevati con campionatore ad una quota di ca. 0.80 m superiore a quella di fondo dello scavo effettivamente eseguito.

L'efficienza dell'impianto e delle procedure adottate per la dissabbiatura e la rigenerazione del fango sarà controllata come indicato nei paragrafi seguenti.

I dissabbiatori dovranno essere dotati di un vaglio vibrante in corrispondenza dell'arrivo della tubazione di mandata, di una pompa centrifuga per fanghi e di un numero adeguato di cicloni. E' richiesta una capacità minima di 100 mc/ora per ogni dissabbiatore.

Numero e potenza dei dissabbiatori dovranno essere commisurati alle effettive necessità derivanti dai ritmi di perforazione indicati nel Programma Lavori, che l'Appaltatore è obbligato a redigere prima dell'inizio dei lavori, delle attrezzature di scavo.

Nel caso di scavo in terreni anche occasionalmente coesivi, a valle dei dissabbiatori dovrà essere prevista una batteria di centrifughe per la separazione delle frazioni fini inattive tenute in sospensione nel fango.

5.3 Lavorazioni

Di seguito si indicano le norme tecniche di base che l'Appaltatore dovrà osservare nella realizzazione dei diaframmi; l'Appaltatore è comunque responsabile della qualità del prodotto finale fornito.

5.3.1 Scavo dei diaframmi e gestione dei fanghi

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore fornirà i disegni costruttivi di cantiere, definendo la lunghezza standard di ogni singolo pannello, la planimetria con i diaframmi numerati, indicando i primari ed i secondari, e la sequenza di esecuzione degli stessi.

L'Appaltatore dovrà inoltre indicare eventuali posizioni di pannelli non standard, che dovranno ricevere autorizzazione ad esecuzione dalla Direzione dei Lavori in funzione di eventuali condizioni ostative.

Lo scavo con benna mordente sarà eseguito in presenza di fango bentonitico in quiete.

Durante la perforazione, il livello del fango dovrà costantemente essere mantenuto in prossimità del piano di lavoro; in particolare si avrà cura che il livello del fango non scenda mai, ed anche all'atto della estrazione della benna o idrofresa, al di sotto del franco di 1 metro sopra la massima quota piezometrica, né al di sotto di 1

metro dall'estradosso dei muretti guida: l'impresa disporrà di adeguata riserva di fango comunicante con lo scavo, ricavata all'interno delle corree o in apposite vasche o fosse attigue.

Nel caso di improvviso franamento, con o senza perdita di fango bentonitico, lo scavo verrà immediatamente riempito con calcestruzzo magro; in caso di semplice perdita del fango l'Appaltatore dovrà ricorrere a tutte le tecniche idonee al contenimento del problema (ispessimento del fango, aggiunta di segatura di legno direttamente nello scavo, aggiunta di foglie secche di barbabietole, ecc), in caso di inefficacia dei sistemi adottati, l'Appaltatore dovrà ricorrere a sue spese al riempimento dello scavo con calcestruzzo magro. Durante l'esecuzione dello scavo dovranno essere presi tutti gli accorgimenti al fine di prevenire la fuoriuscita del fango bentonitico dalle corree e la dispersione al di là delle immediate vicinanze della zona di scavo.

Al termine della perforazione si dovrà procedere all'accurata rimozione dei detriti rimasti sul fondo.

In caso contrario, l'Appaltatore sostituirà parzialmente od integralmente il fango per ricondurlo alle caratteristiche richieste; a tal fine si potrà adottare uno dei seguenti sistemi, purché approvato dalla Direzione dei Lavori e comunque aspirante il fango dal fondo scavo:

- eiettore (air lifting);
- pompa sommersa per fanghi;
- pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.

Nel caso che il fango non sia stato sostituito, rientrando nei limiti di accettabilità, e qualora le successive operazioni (posa della gabbia, posa del tubo getto) prima dell'inizio getto si prolunghino oltre le 2 ore sarà eseguito un ulteriore controllo del fango in opera.

La profondità di scavo dovrà essere controllata in più punti con sonda connessa ad una fune graduata. La profondità misurata dovrà essere non inferiore di 10 cm rispetto la profondità di progetto.

L'Appaltatore è comunque responsabile della gestione dei fanghi impiegati per quanto riguarda rischi e conseguenze di franamenti, inquinamenti dell'ambiente da fanghi e qualità del getto di calcestruzzo.

Nella definizione della sequenza esecutiva che intende rispettare, l'Appaltatore dovrà tenere in conto che la chiusura degli elementi secondari dovrà seguire del tempo necessario perché i pannelli primari abbiano raggiunto la consistenza per garantire la conservazione di verticalità delle pareti durante lo scavo in attiguità, ma siano ancora agilmente scavabili: le prove preliminari di laboratorio definiranno i tempi più opportuni per detta sequenza.

Nel caso in cui il progetto indichi la necessità di utilizzo di idrofresa, nei primi nove metri di scavo è consentito l'utilizzo della benna mordente, fino al raggiungimento della profondità necessaria per il funzionamento della pompa di circolazione del fango incorporata nell'idrofresa.

La seconda attrezzatura (idrofresa) sarà impiegata in successione, per profondità di scavo maggiori, fino al raggiungimento della quota di progetto.

Le due attrezzature, dunque, costituiranno un unico gruppo di scavo. In relazione alla natura dei litotipi presenti, si potrà effettuare un pre-scavo oltre la profondità minima richiesta per l'innescò della circolazione inversa del fango bentonitico, ottimizzando i tempi di impiego delle attrezzature ai fini di un corretto e rapido completamento dello scavo.

Le operazioni di scavo avvengono con continua alimentazione di fango e riciclo del medesimo con trasporto del detrito di scavo.

Per ogni ulteriore aspetto inerente la lunghezza dei pannelli, le azioni in caso di franamento delle pareti e/o perdite di fango e i controlli del fango a fine perforazione, valgono tutte le specifiche indicate precedentemente.

5.3.2 Controllo della verticalità

Si veda il paragrafo "Tolleranze" del capitolo "Prescrizioni tecniche particolari" di questa sezione del capitolato.

5.3.3 Formazione dei giunti

Per la corretta formazione dei giunti si utilizzeranno dispositivi di forma e dimensione tali da garantire l'ottima tenuta idraulica del giunto.

Giunti per scavo interamente a benna

a-Sistemi water-stop

Saranno preferiti sistemi di realizzazione del giunto attraverso la posa provvisoria nello scavo di spalla metallica recante, in appositi incavi verticali, una o più lamine plastiche verticali disposte in opera a cavallo del giunto, ammorsate in entrambi i diaframmi confluenti nel giunto, e quindi con classica funzione di water-stop.

La spalla metallica, recante le lamine plastiche, viene messa in opera al termine dello scavo del diaframma primario, preventivamente trattata con vernici disarmanti, ed ivi lasciata anche durante e dopo il getto del diaframma, con funzione di cassero.

In fase di esecuzione del diaframma attiguo la spalla metallica ancora in opera avrà funzione di guida allo scavo, migliorando la continuità geometrica del diaframma ; a scavo completato, ed eventualmente con l'ausilio di apposito estrattore, la spalla metallica viene estratta lasciando in opera le lamine plastiche ammorsate nel getto del diaframma primario, e pronte per essere inglobate anche nel getto del diaframma secondario o successivo, con funzione prettamente migliorativa della tenuta idraulica.

b-Sistemi a "tubo-spalla"

L'Appaltatore potrà proporre l'utilizzo di altri sistemi di formazione del giunto, a "tubo-spalla", quali ad esempio:

- colonne metalliche semi-circolari;
- colonne plastiche circolari;
- profilati piatti irrigiditi con colonne semi-circolari;
- "canne d'organo", etc ;

in tali casi, alternativi al sistema "water-stop", l'Appaltatore dovrà presentare sia il dettaglio geometrico ed operativo del giunto proposto, sia una propria proposta, da sottoporre alla accettazione della Direzione dei Lavori, in cui evidenzierà tutti gli eventuali procedimenti migliorativi della tenuta che a proprie spese saranno adottati per rendere stagni i giunti, quali :

- tubi valvolati posti in opera a cavallo del giunto per un trattamento di integrazione della tenuta idraulica attraverso iniezioni
- trattamenti di iniezione o jettiniezione a tergo dello scavo ;
- ecc.

Di norma i tubi spalla saranno messi in opera controllandone la verticalità con sistemi ottici, non appena completata la perforazione, e per tutta la profondità del diaframma.

Ad avvenuta presa del getto si provvederà alla loro rimozione, utilizzando un opportuno estrattore a morsa idraulica; se necessario la superficie del tubo spalla potrà essere preventivamente trattata con vernici disarmanti.

Si avrà cura di pulire adeguatamente i tubi spalla prima del loro impiego.

Nello scavo dei diaframmi adiacenti (diaframmi secondari) si avrà cura di pulire con estrema cura l'impronta lasciata dal tubo-spalla, mediante opportuni raschiatori, la cui forma è ricalcata su quella del tubo spalla utilizzato. I raschiatori saranno utilizzati a fine perforazione, fissandoli rigidamente sull'utensile di scavo.

Giunti per scavo con idrofresa

Per lo scavo con idrofresa si adotterà il sistema di giunto a "calcestruzzo idrofresato", prevedendo una sovrapposizione dei pannelli secondari ai primari non inferiore allo 0,4% della profondità dei pannelli, e comunque non inferiore a 5 cm.

Difetti di realizzazione dei giunti di tenuta e dei pannelli

L'Appaltatore è responsabile della buona esecuzione dei giunti e della loro tenuta idraulica in fase di scavo, della qualità ottenuta per i diaframmi, delle conseguenze di eventuali difetti costruttivi di giunti e diaframmi, oltre che dei costi degli interventi che si rendessero necessari per porre rimedio a detti difetti.

Durante lo scavo sotto quota falda l'Appaltatore dovrà assumere tutte le precauzioni perché eventuali difetti di realizzazione dei giunti di tenuta fra diaframmi non comportino venute d'acqua con eventuale trasporto solido di terreno e con conseguente depauperamento dell'ammasso terroso a tergo.

Pertanto, l'Appaltatore sarà attrezzato per interventi immediati, a proprio carico, di risarcitura dei giunti difettosi attraverso tutte le usuali tecniche adottate nelle circostanze:

- sigillatura con cementi a presa rapida
- spritz-beton

- tubi valvolati posti in opera a cavallo del giunto a tergo scavo per un trattamento di integrazione della tenuta idraulica attraverso iniezioni
- trattamenti di jettiniezione a tergo dello scavo;
- cianfrinatura di passaggi maggiori ed applicazione della tecnica Joosten: tecnica comunemente utilizzata durante lo scavo sottofalda, atta a bloccare istantaneamente modeste venute d'acqua e quindi impedire l'innescarsi di fenomeni di trasporto solido ed il conseguente incremento di flusso.

La tecnica Joosten consiste nel pompaggio, a mezzo di 2 lance affiancate e fatte penetrare a pressione quanto possibile nel terreno o nella fessura dei giunti previa cianfrinatura, di 2 flussi liquidi, ciascuno attraverso singola lancia.

I liquidi sono:

- a) miscela acqua/cemento $\cong 1$
- b) soluzione acquosa di silicato di sodio

L'incontro dei due liquidi nel terreno provoca la reazione chimica e la presa immediata con occupazione solida degli ambiti di filtrazione.

In fase di scavo si verificherà che l'entità dell'eventuale deviazione dei diaframmi dalla verticale non ecceda i limiti di tolleranza indicati: saranno a carico dell'Appaltatore gli oneri per risanare eventuali difetti maggiori secondo le istruzioni impartite dalla Direzione dei Lavori, se necessario anche mediante l'esecuzione di un riporto in conglomerato cementizio armato e collegato al diaframma stesso.

Nel caso di diaframmi gettati con fanghi autoindurenti, il giunto fra pannelli viene realizzato ammorsando i pannelli secondari nei pannelli primati per una lunghezza almeno pari a 20 cm e comunque tale da garantire, nei limiti della tolleranza specificata, la sovrapposizione di almeno 5 cm alla massima profondità; la planimetria di dettaglio che l'Appaltatore presenterà dovrà tenere conto di tale specifica.

5.3.4 Armature

Completata la perforazione e controllata profondità di scavo e qualità del fango, si provvederà alla posa in opera delle gabbie pre-assemblate, costruite e stoccate in conformità con le specifiche di cui al paragrafo 4.1. L'Appaltatore avrà cura di effettuare il sollevamento delle gabbie in modo da non arrecare deformazioni permanenti alla gabbia; qualora si rendesse necessario, l'Appaltatore dovrà provvedere fuori scavo alla risarcitura delle connessioni danneggiate ed al corretto riposizionamento delle barre e staffe eventualmente dislocatesi.

Le gabbie dovranno essere poste in opera all'interno dello scavo con gradualità, curando il reciproco centraggio fra gabbia e scavo, evitando danni ai distanziatori esterni ed evitando ogni contatto con la parete di scavo: in caso di urto della gabbia, ove esista il timore di anche parziale franamento, la gabbia verrà estratta per provvedere alla pulizia del fondo scavo.

5.3.5 Getto

Il getto del calcestruzzo avverrà impiegando il tubo di convogliamento. Esso sarà costituito da sezioni non più lunghe di 3 m di tubo in acciaio avente diametro interno 20÷25 cm.

L'interno del tubo sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature.

Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2 cm; sono escluse le giunzioni a flangia.

Il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0.5÷0.6 mc, e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo getto sarà eseguita una ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito di detriti di scavo superi i 20 cm, si provvederà all'estrazione della gabbia d'armatura ed alle operazioni di pulizia.

Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a 20÷40 cm dal fondo della perforazione; al fine di evitare azioni di contaminazione e dilavamento del primo calcestruzzo gettato, prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo galleggiante, ad esempio formato da un involucro di carta riempito con vermiculite granulare o palline di polistirolo.

Qualora dal controllo di qualità del fango non riciclato al momento di inizio getto siano intercorse più di 2 ore, si provvederà ad un ulteriore controllo di qualità del fango e relativo contenuto in sabbia.

Durante il getto il tubo convogliatore sarà opportunamente manovrato per un'ampiezza di 20 ÷ 30 cm, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo.

Previa verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2.5 m e massima di 6 m.

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 3÷4 m di diaframma.

E' prescritta una cadenza di getto non inferiore a 25 mc/ora.

Il getto di un diaframma dovrà comunque essere completato in un tempo tale che il calcestruzzo rimanga sempre lavorabile nella zona di rifluimento.

In presenza di diaframmi di lunghezza superiore a 4 m, o forma tale da richiedere l'impiego di due o più tubi getto, questi dovranno essere alimentati in modo sincrono per assicurare la risalita uniforme del calcestruzzo.

Al termine di ogni svuotamento di betoniera si controllerà con scandaglio la quota superiore raggiunta dal getto nello scavo, riportandola in tabella unitamente ai volumi di calcestruzzo messi in opera; con tali dati (da consegnare alla Direzione dei Lavori) saranno creati i diagrammi di assorbimento sulla verticale, atti ad individuare zone di maggior assorbimento per instabilità delle pareti di scavo.

Per nessuna ragione il getto dovrà essere sospeso prima del totale riempimento del diaframma. A diaframma riempito il getto sarà proseguito fino a raggiungere, in corrispondenza della quota teorica di fine getto, la completa espulsione del calcestruzzo contaminato dal fango di bentonite.

In caso di diaframmi aventi la sommità del getto notevolmente più profonda della quota d'imposta dei cordoli di guida, sarà necessario il riempimento della altezza rimanente con calcestruzzo magro per garantire la corretta esecuzione dei diaframmi adiacenti.

L'Appaltatore è comunque responsabile della qualità dei getti eseguiti in termini di continuità dei medesimi e di caratteristiche meccaniche finali.

5.3.6 Scapitozzatura

La sommità dei diaframmi verrà scapitozzata sino ad evidenziare il calcestruzzo di buona qualità e comunque per lo spessore minimo di 50 cm, per la ripresa dei getti di collegamento con le strutture di elevazione: per tale lavorazione verranno adottate tecniche, preventivamente approvate dalla Direzione dei Lavori, che non causino disturbi ai getti sottostanti e alle armature di ripresa, e che siano compatibili con le normative di sicurezza.

5.3.7 Rifilatura pareti

La parete scavata dei diaframmi, qualora presenti sbulbature o scostamenti dalla verticalità oltre le tolleranze ammesse, verrà rifilata dall'Appaltatore: per tale lavorazione verranno adottate tecniche, preventivamente approvate dalla Direzione dei Lavori, che non causino disturbi ai getti retrostanti.

5.3.8 Regolarizzazione delle pareti

Le pareti scavate dei diaframmi, dopo l'operazione di rifilatura, vedi p.to precedente, saranno ulteriormente regolarizzate con il getto di uno strato di betoncino di regolarizzazione di spessore pari al massimo a 3cm. Tale strato deve consentire la regolarizzazione delle pareti prima della posa in opera dell'impermeabilizzazione.

6 CONTROLLI DI QUALITÀ

6.1 Generalità

L'Appaltatore dovrà redigere - e sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori almeno 30 giorni prima del previsto inizio della lavorazione - il documento; "PIANO DI QUALITÀ DI COSTRUZIONE E INSTALLAZIONE – DIAFRAMMI".

Il piano di qualità di costruzione e installazione (PQCI) sarà redatto sulla base di quanto riportato in Allegato 1 al presente CSA – Parte B.

Le prove ed i controlli sono a carico dell'Appaltatore e saranno eseguiti in conformità al PROGRAMMA DELLE PROVE E DEI CONTROLLI contenuto nel PQCI.

Di seguito si forniscono le norme tecniche di base che l'Appaltatore dovrà osservare nella esecuzione dei controlli del proprio operato; l'Appaltatore resta comunque responsabile della qualità del prodotto finale che sarà accettato solo ove rispondente ai seguenti criteri:

- rispondenza ai criteri di tolleranza già specificati;
- rispondenza alle caratteristiche meccaniche dei materiali (calcestruzzo, ecc) specificate nelle tavole di progetto;
- assenza di difetti evidenziati dall'autocontrollo dell'Appaltatore, o rilevati dalla Direzione dei Lavori, o rilevati dalle prove eseguite, od infine emersi in fase di scavo.

6.2 Controlli della lavorazione

L'Appaltatore dovrà attuare un proprio programma di autocontrollo sulle lavorazioni; per ciascun diaframma l'Appaltatore dovrà redigere una scheda indicante al minimo:

- data di esecuzione;
- numero progressivo del diaframma con identificazione (primario, secondario, a T, lineare, ecc) corrispondente alla planimetria di progetto;
- dimensioni di progetto: spessore, lunghezza, profondità;
- nominativi del caposquadra addetto e degli operatori (scavo, gestione fanghi, posa gabbia, getto, controlli in corso d'esecuzione, ecc.);
- identificazione dell'attrezzatura di scavo e degli utensili adoperati a varie quote;
- fluido di perforazione utilizzato e sue caratteristiche prima del getto: densità, viscosità e contenuto in sabbia; eventuali operazioni di riciclo;
- profondità di perforazione;
- informazioni relative alla stratigrafia locale emersa dall'osservazione dei detriti di scavo;
- segnalazione di ogni anomalia operativa riscontrata, quali ostruzioni, franamenti e perdite di fango, fermi per rottura di attrezzature, ecc;
- restituzione grafica, ove prevista, dei controlli automatici di profondità ed inclinazioni acquisiti in corso di scavo;
- restituzione grafica della registrazione del controllo eseguito a fine scavo con sonda ecometrica (Koden);
- tempi parziali di scavo, posa gabbia e getto;
- tipo di gabbia posta in opera e controlli posizione rispetto correa;
- "rapporto di getto" includente:
 - profondità di scavo rilevata prima della posa della gabbia; reale lunghezza scavata di diaframma;
 - tipo di calcestruzzo gettato; valori di slump per betoniera; localizzazione dei prelievi di calcestruzzo: n° di betoniera, profondità di getto corrispondente;
 - data ed ora di inizio getto
 - diagramma volume gettato-profondità
 - diagramma volume gettato-tempi

Infine, è onere dell'Appaltatore la pulizia dei diaframmi al termine delle lavorazioni connesse alla realizzazione degli stessi.

6.3 Controlli sui diaframmi in calcestruzzo

6.3.1 Controlli sui fanghi di perforazione

L'Appaltatore dovrà disporre in cantiere di adeguata attrezzatura di laboratorio per il controllo, secondo modalità e frequenze minime di seguito riportate, delle seguenti caratteristiche del fango bentonitico o polimerico, secondo le raccomandazioni API-RP13B:

a- peso specifico o di volume mediante bilancia Baroid, calibrata con una precisione di ± 5 gr/l

b- viscosità Marsh con l'imbuto di Marsh: recipiente tronco-conico con seguenti dimensioni:

- diametro alla base superiore 152 mm

- altezza del tronco di cono 305 mm

- base inferiore costituita da un ugello di diametro interno 4,76 mm ed altezza 50,8 mm

il fango, previa filtratura, sarà fatto defluire fra riempimenti corrispondenti a 1500 e 1000 litri, determinandone il tempo

c- contenuto in sabbia mediante elutriometro: strumento costituito da un cilindro Φ 63,5 mm munito di setaccio 200 mesh (0,075mm), da un piccolo imbuto e da un tubo di vetro a base conica; il tubo di misura è graduato in modo da consentire una lettura diretta della percentuale di sabbia contenuta nel fango

d- temperatura

- e- basicità con cartine reagenti Tornasole o piaccametro portatile, misurando il pH dell'acqua libera ottenuta dalla prova di pressofiltrazione
- f- filtropressa Baroid per la misura dell'acqua libera corrispondente al volume di acqua filtrata in 7,5 minuti, sotto una pressione di 0,7 MPa, dal fango su carta da filtro standardizzata tipo Whatman 50

Fango fresco, come controllo di qualità del processo di produzione della sospensione.

Parametri da controllare:

- peso specifico o di volume ≤ 1.10 t/mc
- viscosità Marsh = 30" ÷ 60"
- basicità = 7÷11
- acqua libera < 30 cmc (per fanghi bentonitici)

Frequenza:

- giornalmente

Punto di prelievo:

- vasca di maturazione

Fango pronto per l'impiego, per controllo di efficienza dell'impianto di dissabbiamento.

In condizioni di cantiere a regime si eseguiranno le prove di seguito elencate con frequenze e limiti (a temperatura di riferimento di 5°C) di seguito riportati:

Parametri da controllare:

- peso specifico o di volume < 1.12 t/mc
- viscosità Marsh = 30" ÷ 60"
- acqua libera < 50 cmc

Frequenza:

- per ogni diaframma

Punto di prelievo:

- vasca di accumulo a valle del dissabbiatore

Quando i risultati dimostrano un comportamento costante, la frequenza delle prove potrà essere ridotta secondo le indicazioni della Direzione dei Lavori.

Fango nell'interno dello scavo, durante lo scavo

Parametri da controllare:

- peso specifico o di volume < 1.25 t/mc

Frequenza:

- per ogni diaframma o secondo indicazioni della Direzione dei Lavori; dopo attraversamenti particolarmente sabbiosi

Punto di prelievo:

- a quota superiore di 1 m dal fondo dello scavo, con apposito campionatore a tenuta, agganciato con fune metallica all'argano

Fango nell'interno dello scavo, prima del getto

Parametri da controllare:

- peso specifico o di volume < 1.15 t/mc
- contenuto in sabbia < 5%

Frequenza:

- per ogni diaframma a fine scavo e prima di procedere con le operazioni di getto, dopo aver posto in opera la gabbia di armatura e dopo aver posizionato il tubo-getto, qualora siano trascorse 2 ore dal precedente controllo

Punto di prelievo:

- a quota di 50 cm dal fondo dello scavo, con apposito campionatore.

In caso di superamento dei valori indicati, l'Appaltatore sostituirà parzialmente od integralmente il fango per ricondurlo alle caratteristiche richieste.

La Direzione dei Lavori potrà esigere controlli intermedi nel corso dello scavo in funzione delle caratteristiche dei terreni incontrati, per esempio dopo l'attraversamento di strati particolarmente sabbiosi, ed ancora in funzione del rischio connesso con la vicinanza di strutture.

- filtropressa per la misura dell'acqua libera e dello spessore del cake

Per le ulteriori caratteristiche da determinare, l'Appaltatore si rivolgerà ad un laboratorio ufficiale.

6.3.2 Controlli sui calcestruzzi

Relativamente ai calcestruzzi utilizzati per la realizzazione dei diaframmi verranno effettuati tutti i controlli previsti dalla Normativa vigente, così come esposto nel capitolo "Controlli di qualità" della Sezione n° 6 "Calcestruzzi" del presente capitolato.

In linea di principio, quando il getto avviene attraverso l'utilizzo di autobetoniera, per ciascuna autobetoniera, al momento del getto l'Appaltatore verificherà la conformità del calcestruzzo alla classe di consistenza prevista in progetto (S3); calcestruzzi con valori differenti saranno rifiutati.

Per ogni autobetoniera saranno eseguiti i prelievi di campioni nel numero precedentemente specificato.

6.3.3 Controlli sonici

Si tratta di controlli basati su prove soniche, la cui esecuzione richiede che i diaframmi siano attrezzati con tubazioni metalliche annegate nel getto di calcestruzzo. Servono a verificare l'integrità e la continuità del calcestruzzo costituente il diaframma.

I diaframmi sui quali predisporre le prove di controllo saranno in numero percentuale del 10% sulla totalità; essi saranno indicati in via preliminare dalla Direzione dei Lavori all'Appaltatore che provvederà di conseguenza a quanto necessario.

I controlli verranno eseguiti su almeno il 50% degli elementi predisposti ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori.

Le prove di integrità verranno eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto.

Data la forma geometrica della sezione dei diaframmi, le prove di controllo sonico saranno di norma eseguite con la metodologia "cross-hole".

Il numero dei tubi, variabile da 2 a 4 per pannello, e delle prove sarà definito dalla Direzione dei Lavori, in base anche alle dimensioni del diaframma.

Saranno posti in opera tubi metallici del diametro non inferiore ad 2", manicottati ed avvitati con teflon per garantirne la tenuta idraulica, tappati al fondo, solidarizzati alla gabbia di armatura garantendo la conservazione di verticalità in fase di messa in opera, distanziati non più di 1,6 metri. La lunghezza dei tubi sonici dovrà coprire l'intera profondità del pannello, estendendosi da non meno di 30 cm dal piede ad almeno 20 cm sopra la testa delle corree. In fase di messa in opera saranno riempiti di acqua e tappati anche in sommità.

Le misure di cross-hole (impulso su percorso orizzontale) sonico consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra i tubi di misura.

Prima dell'esecuzione della prova si controllerà che i tubi siano ancora riempiti con acqua dolce, liberi da ostruzioni e deformazioni, consentendo quindi l'inserimento delle sonde. In caso di difetti l'Appaltatore si farà carico delle azioni correttive che la Direzione dei Lavori indicherà.

I tubi sono utilizzati a coppie; in uno viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro quella ricevente: possono eseguirsi prove a cavallo dei giunti per verificarne la qualità.

Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi, ad intervalli regolari di profondità: la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo. Le misure devono essere eseguite almeno ogni 10 cm di avanzamento delle sonde nelle tubazioni predisposte.

Il segnale sonico modula il pennello elettronico di un oscilloscopio la cui traccia, sincronizzata sull'istante di emissione, viene fatta traslare della stessa quantità ad ogni emissione di impulso.

Un'apparecchiatura tipo Polaroid, applicata allo schermo dell'oscilloscopio, registra fotograficamente l'escursione della traccia modulata.

Il risultato è una diagrafia a "densità variabile" che rappresenta in modo evidente l'integrità o l'eventuale presenza di anomalie del calcestruzzo nella zona compresa tra i due tubi.

Le misure vengono eseguite a partire dal fondo del diaframma. L'emissione dei segnali avviene di norma ogni 2 cm di profondità.

La scala dei tempi (ascisse) è di 50 oppure 100 microsecondi/div. in funzione della lunghezza del percorso di misura.

La scala di profondità è di 1.25 m/div. su ogni fotogramma viene rappresentata una porzione di 10 cm di diaframma.

Nel caso si individuassero anomalie, le misure saranno ripetute con le sonde a quote diverse tra di loro, al fine di stabilire se l'anomalia riscontrata è dovuta ad un piano di discontinuità oppure è provocata da cavità o inclusioni nel getto di calcestruzzo.

Le letture saranno eseguite da impresa specializzata nel settore, per tempo indicata dall'Appaltatore alla Direzione dei Lavori per approvazione; le letture e le diagrafie saranno visualizzate a video in tempo reale; quindi, registrate su supporto magnetico e consegnate al momento alla Direzione dei Lavori. La stessa impresa specializzata in seguito presenterà il rapporto di prova con relativa interpretazione.

Dopo il completamento delle prove, in seguito ad istruzione scritta della Direzione dei Lavori, i tubi sonici verranno riempiti con miscela cementizia (dosaggio miscela c/a = 2); sino al momento della sigillatura l'appaltatore resterà responsabile della integrità dei tubi per eventuali ripetizioni di prova che si rendessero necessarie.

I costi di fornitura e posa dei tubi sonici, di lettura e restituzione delle misure, sono a carico dell'Appaltatore nei limiti sopra indicati.

6.3.4 Carotaggi meccanici

La Direzione dei Lavori, ove lo ritenga necessario, a proprio insindacabile giudizio, potrà richiedere, a cura e spese dell'Appaltatore, l'esecuzione di carotaggi meccanici sui diaframmi realizzati nel numero massimo stabilito del 3% dei diaframmi realizzati; sui campioni estratti saranno eseguite prove di compressione in laboratorio, a richiesta della Direzione Lavori, quali la prova di compressione monoassiale per la determinazione dei moduli elastici e la prova brasiliana per la determinazione della trazione per via indiretta.

I fori delle perforazioni dovranno essere successivamente cementati con iniezioni di malta o miscela cementizia (dosaggio miscela c/a = 2).

Qualora i carotaggi eseguiti evidenziassero difetti di qualsiasi natura:

- conglomerati non compatti e/o non omogenei,
- presenza di cavità o separazione del cemento dagli inerti,
- intrusioni di terreno,
- fessurazioni e soluzioni di continuità.

la Direzione dei Lavori, a proprio giudizio ed a carico dell'Appaltatore, potrà richiedere che il controllo mediante carotaggio sia esteso ad un maggior numero ed anche a tutti i diaframmi.

A carico dell'Appaltatore resteranno tutti gli oneri necessari per risanare i difetti o danni riscontrati e, se necessario in caso di rifiuto di accettazione, di rifacimento dei diaframmi.

6.4 Controlli sui diaframmi di fanghi autoindurenti

6.4.1 Generalità

Nell'ipotesi che lo studio in laboratorio (si veda paragrafo 4.5) sia stato effettuato sugli stessi prodotti utilizzati in cantiere, il controllo separato dei singoli componenti sarà necessario solo nel caso di anomalie nelle caratteristiche a breve termine delle miscele, non avviabili con lievi modifiche dei dosaggi.

Si indicano i primi esami orientativi, fattibili in cantiere, in attesa di decisioni del laboratorio, al quale dovranno comunque essere immediatamente inviati campioni delle forniture in questione.

I risultati degli esami indicati andranno confrontati con i valori di riferimento indicati nel rapporto iniziale del laboratorio.

6.4.2 Cemento

a- rendimento volumetrico

Si prepara una sospensione di cemento in acqua con rapporto c/a = 1, con agitatore manuale entro un cilindro graduato da mezzo litro.

Dopo alcune ore, o comunque al termine del processo di sedimentazione, si registra il volume di acqua libera che, rapportato al volume iniziale, esprime il "rendimento volumetrico".

b- residuo secco di vagliatura

Si determina la percentuale di peso di materiale trattenuto al vaglio con apertura di 0,06 mm.

c- altri esami

Altri eventuali esami verranno stabiliti ed eseguiti a cura del laboratorio, dopo la ricezione dei dati dal cantiere e dei campioni.

6.4.3 Bentonite

Bentonite in polvere

La bentonite avrà le caratteristiche minime indicate di seguito:

- Residuo al vaglio da 10.000 maglie/cm ²	≤ 1%
- Tenore di umidità	≈ 15%
- Limite di liquidità	≥ 400 %
- Viscosità Marsh della sospensione al 6% in acqua distillata	≥ 40"
- Decantazione della sospensione al 6% in 24 ore	≤ 2 %
- Acqua separata per pressofiltrazione di 450 cc della sospensione al 6% in 30' a 7 bar	< 18 cc
- pH dell'acqua filtrata	7 ≤ pH ≤ 9
- Spessore del cake sul filtro della filtro- pressa	≤ 2.5 mm

La scelta del tipo di bentonite, certificata dal fornitore, è assoggettata alla sua affinità con le caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo e dell'acqua di falda.

a- rendimento volumetrico

Si preleva all'impianto di miscelazione un campione di latte di bentonite, prima dell'aggiunta del cemento. Dopo alcune ore, o comunque al termine del processo di sedimentazione, si registra il volume di acqua libera che, rapportato al volume iniziale, esprime il "rendimento volumetrico".

b- viscosità Marsh

Sullo stesso campione di sospensione si determina la viscosità con l'imbuto standard di Marsh, misurando il tempo di deflusso di 1 litro su 1,5 litri immersi.

La prova viene eseguita inizialmente e ripetuta dopo 24 ore di riposo e riagitazione della stessa sospensione.

c- altri esami

Altri eventuali esami verranno stabiliti ed eseguiti a cura del laboratorio, dopo la ricezione dei dati dal cantiere e dei campioni.

6.4.4 Acqua

Si accerti che le prove iniziali di qualificazione siano state effettivamente eseguite in laboratorio con impiego di acqua di cantiere.

In caso negativo, o esistendo alcun dubbio, se ne invii al laboratorio un campione di almeno 10 litri per le prove da eseguire nuovamente.

I fanghi saranno ottenuti per idratazione della bentonite in acqua dolce di cantiere le cui caratteristiche e limiti accettabili di contenuti risponderanno ai seguenti valori:

Contenuto	Limite	Frequenza di controllo
solforati (SO ₃)	< 20 mg/l	1 ogni settimana
cloruri (Ione Cl)	< 20 mg/l	1 ogni settimana
sostanze sospese	< 2 g/l	1 ogni settimana per filtrazione

6.4.5 Controlli delle miscele

6.4.5.1 Campionamenti

I prelievi di miscela saranno effettuati:

a- all'uscita dalla centrale di preparazione

b- all'immissione nello scavo

I controlli saranno eseguiti sistematicamente su campioni tipo (a), con qualche saltuaria verifica su campioni tipo (b) per accertare che non intervengano apprezzabili modifiche lungo il percorso di adduzione della miscela dall'impianto alla zona di scavo.

I controlli tipo (b) saranno tanto più frequenti quanto più esteso risulti il percorso.

E' raccomandato che ogni campionatura (da qualificare con data, ora, numero di diaframma interessato e punto di prelievo), venga fatto in un unico contenitore di capacità adeguata al quantitativo richiesto per tutte le prove programmate.

Per consentire una omogenea analisi dei dati ottenuti nelle 3 fasi di indagini (prima, durante e dopo l'esecuzione del diaframma), si procederà come segue:

- a- saranno disponibili forme cilindriche con diametro interno minimo di 12 cm e di pari altezza, da cui poter ricavare 4 provini ϕ 38 mm
- b- si riempirà tali forme con miscela dopo la riagitazione necessaria per l'omogeneità del campione, da utilizzarsi anche per i controlli a breve termine
- c- la conservazione sarà tale da escludere la possibilità di essiccamento; a tale fine verrà mantenuto un velo di acqua superiormente durante la presa e successivamente, quando la miscela abbia raggiunto una certa consistenza, il tutto sarà immerso in acqua od in sabbia umida
- d- i campioni saranno quindi sigillati ed imballati per l'invio al laboratorio dopo circa una settimana

6.4.5.2 Controlli

Peso di volume

Il peso di volume (o densità apparente) deve essere determinato con l'approssimazione di almeno 10 g/litro, come segue:

- pesatura diretta di un campione di miscela in cilindro esattamente tarato al livello di 1 litro

Sono da escludersi altre modalità che non garantiscano il grado di accuratezza sopra citato.

Il peso di volume rappresenta un parametro di controllo dei dosaggi per quanto riguarda il rapporto fra solidi ed acqua ; un campo di variabilità dell'ordine di poche decine di g/litro è tollerato in quanto attribuibile a :

- presenza di aria inglobata durante la miscelazione,
- errori di misura,
- scarti trascurabili fra i dosaggi prescritti e quelli effettivi.

Qualora si registrassero divergenze di ordine superiore a $20 \div 30$ g/litro, si dovrà effettuare una verifica dei dispositivi di dosaggio dei componenti.

Un eventuale errore nel rapporto fra cemento e bentonite viene posto in maggiore evidenza dai controlli specificati nei paragrafi seguenti.

Per quanto riguarda l'incidenza dell'aria inglobata, modalità di mescolazione differenti fra laboratorio e cantiere possono implicare differenze sistematiche.

Viscosità

La viscosità viene normalmente controllata con l'imbuto di Marsh subito dopo il prelievo.

Qualora se ne presenti l'interesse dal punto di vista tecnologico, si conservi il campione (in agitazione od a riposo) rifacendo la misura dopo un certo tempo (con o senza riagitazione nel caso di mantenimento a riposo); le modalità di tali prove saranno stabilite a seconda dei fini dell'indagine.

I valori iniziali della viscosità Marsh devono di norma essere compresi fra 40" e 50".

Il limite inferiore di 40" è tassativo, mentre valori superiori a 50" possono essere richiesti od ammessi per particolari motivazioni tecnologiche.

Rendimento volumetrico

La misura verrà eseguita con le modalità prima illustrate.

Il valore deve essere quanto possibile prossimo al 100% e comunque mai inferiore al 95%.

6.4.6 Frequenza dei campionamenti e dei controlli

In fase di cantiere a regime, con riferimento ad una produzione media di $150 \div 200$ m³ al giorno, si rispetterà la seguente frequenza minima:

- 2 prelievi giornalieri di miscela, al mattino ed al pomeriggio
- misura della viscosità su entrambi i campioni
- misure del rendimento volumetrico e del peso di volume su uno dei 2 campioni
- 1 prelievo settimanale per prove a lungo termine in quantità sufficiente per potervi ricavare almeno 15 provini, oltre l'esecuzione del ciclo completo di prove a breve termine: in base alle specifiche precedenti, saranno quindi confezionati almeno 4 cilindri ϕ 120 mm, di altezza pari o superiore al diametro.

Il programma specificato deve considerarsi "minimo", salvo diverse prescrizioni del laboratorio e della Direzione Lavori. Il programma sarà più intenso nei seguenti casi :

- in fase iniziale di messa a punto delle miscele
- in caso di non rispondenza dei risultati ai requisiti
- in caso di variabilità dei risultati
- in funzione di particolari esigenze di ordine tecnologico, economico e tecnico.

6.4.7 Registrazione dei dati

L'Appaltatore incaricherà un proprio addetto a prelievi e controlli; questi registrerà in apposita tabella:

- data ed ora del prelievo
- numero del diaframma di riferimento
- punto di prelievo
- viscosità Marsh (secondi)
- peso di volume (t/m³)
- rendimento volumetrico (%)
- dimensioni dei cilindri contenenti i campioni da inviare al laboratorio per prove a lungo termine, salvo unificazione delle stesse dimensioni
- numero dei cilindri confezionati per ogni campione

6.4.8 Prove di laboratorio

Preparazione dei provini

I provini ricevuti dal cantiere saranno conservati in ambiente umido fino alla data prevista di prova. Si procederà quindi alla sformatura ed alla fustellatura di cilindri ϕ 38 mm, alti 76 mm.

Caratteristiche volumetriche

Su ogni provino si determina il peso di volume naturale; il successivo essiccamento è discrezionale, in quanto parte dell'acqua è legata irreversibilmente al cemento e quindi non evaporabile.

Prove di compressione semplice

Le prove vengono eseguite a velocità di deformazione controllata, in ragione di 0,5 mm/min, con letture della pressione ogni 0,1 mm fino a rottura ed oltre se possibile.

Di norma si opera su coppie di provini, alla seguente età di stagionatura:

- 28 giorni (sempre)
- 60 giorni (facoltativo)
- 90 giorni (su parte dei campioni)

Prove di compressione triassiale

a- Prove non consolidate e non drenate

Le prove vengono eseguite a velocità di deformazione controllata, in ragione di 0,5 mm/min, con letture della pressione ogni 0,1 mm fino a rottura; dato il comportamento generalmente più plastico a rottura, le prove, ove possibile, saranno spinte fino ad incrementi di deformazione dell'1% ÷ 2% dopo il picco di resistenza.

Per ogni campione ed età si eseguono almeno 2 prove con differente pressione di contenimento laterale; di norma: 1,5 ÷ 3,0kg/cm².

Le età di stagionatura seguono i criteri citati per le prove di compressione semplice.

b- Prove consolidate drenate

Si opera su terne di provini consolidati a diverse pressioni; di norma: 1,5 ÷ 3,0 ÷ 4,5kg/cm² con velocità di deformazione pari od inferiore a 0,03 mm/min.

Gli intervalli di lettura possono essere ampliati fino ad un massimo di 0,5mm di cedimento, attesa la maggiore deformabilità nelle condizioni sperimentali in oggetto.

La frequenza di tali prove è ridotta rispetto le precedenti, per minore interesse e per alti costi, restando discrezionale ad indicazione della Direzione Lavori; si consiglia tale frequenza:

- prove a 28 giorni su 2 ÷ 3 campioni al mese
- prove a 90 giorni su 1 ÷ 2 campioni al mese

c- Altre prove

Potranno essere richieste, in funzione delle finalità del progetto, altri tipi di prova quali:

- prove triassiali consolidate non drenate con misura delle pressioni interstiziali,
- prove di flessione, previo specifico campionamento,
- prove di permeabilità diretta.

Elaborazione dei dati sperimentali

Dai dati sperimentali si eseguiranno le elaborazioni per ottenere:

- curve sforzi-deformazioni p/ε
- resistenze alla compressione R_c
- resistenza alla trazione R_t
- modulo tangente iniziale (elastico) E'
- modulo secante a rottura (elasto-plastico) E_f
- coefficiente di permeabilità K

Giudizio dei dati sperimentali

I dati sperimentali vanno confrontati con quelli di calcolo in presenza di verifiche statiche.

I limiti orientativi sono:

- resistenza alla compressione semplice o triassiale a 28 giorni $R_c = 0.1 \div 0.5 \text{MPa}$
- rapporto fra modulo elastico e resistenza a 28 giorni $E' / R_c = 150 \div 300$
- rapporto fra modulo secante a rottura (elasto-plastico) e resistenza a 28 giorni $E_f / R_c = 70 \div 150$
- coefficiente di permeabilità $K < 9 * 10^{-6} \text{cm/sec}$

6.4.9 Controlli dopo la realizzazione dei diaframmi

Tali controlli assumono importanza fondamentale in quanto riproducono le reali caratteristiche della miscela dopo le più o meno accentuate modifiche subite nel corso della lavorazione: scambi d'acqua con il terreno, inglobamento di solidi, eccetera.

Tali controlli danno responsi evidentemente ritardati rispetto le campionature in corso d'opera, spesso rappresentando un dato consuntivo di quanto eseguito, comunque utile; in caso di cantieri di lunga durata tali controlli vanno eseguiti appena possibile sui primi diaframmi, potendo fornire utili indicazioni per il miglioramento del proseguito.

La metodologia di campionamento dipende dalla consistenza raggiunta dal diaframma, e quindi da questi fattori:

- composizione miscela,
- stagionatura del diaframma,
- modifiche intervenute: perdita d'acqua maggiore in formazioni sabbiose, inglobamenti in fase di scavo.

Si adotteranno i seguenti sistemi.

- fustelle a pareti sottili del diametro minimo di 85 mm, infisse a pressione fino a resistenze dell'ordine di $4 \div 5 \text{kg/cm}^2$
- carotaggio a rotazione mediante doppio carotiere tipo Mazier o simile

La frequenza sarà di:

- sondaggio ogni 200 \div 400 metri lineari di diaframma, da spingere fino alla estremità inferiore dello stesso,
- prelievo di campioni con la massima frequenza possibile, almeno 1 ogni 2 metri.

Il programma sperimentale di laboratorio sarà stabilito in analogia a quello relativo ai campioni prelevati in corso d'opera.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 9:

CONSOLIDAMENTI

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. P. De Martini		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023

INDICE

SEZIONE INTRODUTTIVA.....	5
1. PREMESSA	5
2. NORME DI MISURAZIONE	5
3. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	6
3.1 Preesistenze interrato	6
3.2 Bonifica bellica	6
3.3 Inquinamento da rumore, vibrazioni e polvere	6
3.4 Salvaguardia ambientale e delle preesistenze.....	7
3.5 Discarica.....	7
3.6 Controlli e prove.....	7
3.7 Campi prova, prove tecnologiche preliminari e definizioni metodologiche	8
3.7.1 Aspetti generali.....	8
3.7.2 Controlli preliminari	8
3.7.3 Esecuzione del campo prove.....	9
3.7.4 Test da effettuare in ciascun campo prove.....	9
3.7.5 Indagini in sito successive ai consolidamenti	9
3.7.6 Indagini in laboratorio su campioni di terreno consolidato.....	10
3.7.7 Accettazione dei risultati campo prove.....	10
3.7.8 Ubicazione campo prove.....	11
3.8 Altre prescrizioni	11
3.9 Documentazione finale	12
SEZIONE 9 A – JET-GROUTING.....	13
1. DEFINIZIONI.....	13
3.10 Sistema monofluido.....	13
3.11 Sistema a due fluidi.....	13
3.12 Sistema a tre fluidi	13
2. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	14
3. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	14
3.1 Parametri tipici di jet-iniezione e caratteristiche delle colonne	14
3.2 Soggezioni geotecniche ed ambientali.....	15
3.3 Approfondimenti geologici e geotecnici	15
3.4 Campi prova, prove tecnologiche preliminari e definizioni metodologiche	15
3.5 Preparazione del piano di lavoro e tracciamenti	15
3.6 Tolleranze di esecuzione	16
4 MATERIALI	17
4.1 Miscela cementizia.....	17
4.2 Componenti	17
4.3 Preparazione della miscela di jet-iniezione	18
4.4 Armatura delle colonne.....	18
3.1.1 Tubi in acciaio.....	18
3.1.2 Profilati in acciaio	18
3.1.3 Barre in acciaio speciale	19
3.1.4 Elementi in vetroresina	19
3.1.5 Altri materiali	19
5 MODALITÀ ESECUTIVE	20
5.1 Prescrizioni generali.....	20

5.2	Attrezzature	20
3.1.6	Attrezzature di perforazione	20
3.1.7	Attrezzatura di registrazione dei parametri di perforazione	21
3.1.8	Impianto di preparazione miscele cementizie	21
3.1.9	Impianto di pompaggio della miscela cementizia	21
3.1.10	Linee di jet-iniezione	22
3.1.11	Attrezzature di jet-iniezione	22
3.1.12	Sistema di acquisizione dei parametri di jet-iniezione.....	22
5.3	Modalità operative.....	23
5.3.1	Perforazione	23
5.3.2	Jet-iniezione	23
5.3.3	Materiale refluo.....	24
5.4	Trattamenti di realizzazione di colonne di jet-grouting dall'interno della galleria	24
5.4.1	Colonne jet-grouting	25
5.5	Trattamenti di preconsolidamento dalla superficie	26
6	CONTROLLI DI QUALITÀ.....	28
6.1	Generalità	28
6.2	Controlli.....	28
6.3	Campo prove	28
6.4	Controlli preliminari ed in corso d'opera	28
6.4.1	Impianti e parametri operativi.....	28
6.4.2	Controlli e documentazione miscele di iniezione	29
6.4.3	Controlli sulle linee di iniezione	30
6.4.4	Controlli in perforazione	30
6.4.5	Controlli in iniezione	30
6.4.6	Controlli sul materiale refluo	30
6.5	Prove di laboratorio	31
6.6	Controlli finali.....	31
6.7	Documentazione finale	32
	SEZIONE 9 B – INIEZIONI	34
1.	DEFINIZIONI.....	34
1.1	Generalità	34
1.2	Finalità	34
1.3	Tecniche di perforazione.....	34
1.4	Tecniche di iniezione	34
1.5	Miscele di iniezione.....	35
2.	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	35
3.	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	36
3.1	Soggezioni geotecniche ed ambientali.....	36
3.1.1	Fluidi di perforazione e materiali di risulta	36
3.1.2	Salvaguardia ambientale.....	36
3.1.3	Controllo degli stati tenso-deformativi	37
3.2	Campi prova, prove tecnologiche preliminari e definizioni metodologiche	37
3.3	Preparazione del piano lavoro - Tracciamenti	37
3.4	Tolleranze.....	38
4.	MATERIALI	38
4.1	Miscele d'iniezione con cementi normali	38
4.1.1	Dosaggi.....	38
4.1.2	Caratteristiche reologiche	39
4.1.3	Caratteristiche meccaniche e idrauliche	39
4.2	Miscele con cementi microfini.....	39

4.2.1	Caratteristiche dei cementi e dosaggi	39
4.2.2	Caratteristiche reologiche	39
4.2.3	Caratteristiche meccaniche	40
4.3	Miscele chimiche	40
4.4	Controlli e documentazione	40
5.	MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI TRATTAMENTI DI INIEZIONI	41
5.1	Prescrizioni generali.....	41
5.2	Attrezzature	41
5.2.1	Attrezzature di perforazione.....	41
5.2.2	Strumentazione per la registrazione dei parametri di perforazione.....	42
5.2.3	Impianto di confezionamento delle miscele	42
5.2.4	Impianto di iniezione delle miscele	43
5.2.5	Strumentazione per la registrazione dei parametri di iniezione	44
5.3	Modalità operative.....	44
5.3.1	Perforazione	44
5.3.1.1	Perforazioni teleguidate	45
5.3.2	Allestimento dei fori di iniezione.....	46
5.3.3	Iniezione	46
5.3.3.1	<i>Trattamenti di consolidamento per permeazione, con fratturazione idraulica (claquage) assente o controllata.</i>	47
5.3.3.2	<i>Trattamento di ricomprensione.</i>	49
6.	CONTROLLI DI QUALITÀ.....	50
6.1	Generalità.....	50
6.2	Documentazione	50
6.3	Materiali utilizzati per il confezionamento delle miscele di iniezione.....	51
6.4	Miscele di iniezione.....	51

SEZIONE INTRODUTTIVA

1. PREMESSA

Lungo la tratta sono previsti una serie di consolidamenti del terreno. Le principali tipologie previste sono le seguenti:

1. Tamponi di fondo di stazioni, pozzi di ventilazione gallerie artificiali e consolidamenti in-out TBM.
2. Consolidamento da superficie della galleria scavata con metodi tradizionali con iniezioni cementizie e Jet-grouting.
3. Consolidamento per la realizzazione del tronchino di collegamento dei pozzi di ventilazione con la galleria di linea;
4. Consolidamento tramite iniezioni cementizie sub verticali a setto per presidio fabbricati;
5. Consolidamenti tramite la tecnologia della Trivellazione Orizzontale Controllata ed iniezioni cementizie (T.O.C.) eseguiti da pozzi di servizio o dall'interno dei pozzi di ventilazione o dalle stazioni per presidio degli edifici lungo il tracciato della galleria scavata con TBM.

Questi consolidamenti hanno lo scopo principale di migliorare le caratteristiche meccaniche del terreno e in certi casi di ridurre notevolmente la permeabilità naturale del terreno

Tali trattamenti hanno l'obiettivo di garantire le geometrie di terreno trattato indicate nelle tavole grafiche, dove necessario, ridurre la permeabilità naturale del terreno e migliorare le caratteristiche fisiche e meccaniche del terreno naturale in ottemperanza ai seguenti parametri minimi prestazionali:

- **Coesione drenata c' (KPa) ≥ 150 kPa**
- **Modulo elastico E (MPa) ≥ 450 MPa**

Maglie, geometrie, parametri di iniezione (pressioni, volumi, portate e loro reciproci rapporti ecc), composizione e caratteristiche reologiche delle miscele, modalità esecutive dei consolidamenti dovranno essere validate dalla D.L. a seguito l'esecuzione di un apposito preventivo campo prova e delle prove di laboratorio preventive, come descritto nel paragrafo 3.7 della presente specifica.

La geometria e la maglia dei consolidamenti eseguiti dalla superficie dovrà tenere conto della necessità di evitare e preservare i sottoservizi interferiti, i quali dovranno essere individuati preventivamente mediante scavi, rilievi e indagini da eseguirsi anche con l'ausilio di idonea strumentazione. E' facoltà dell'Appaltatore proporre all'approvazione della DL, interventi di jet-iniezione in alternativa e/o integrazione ai trattamenti con iniezioni cementizie, nel rispetto dei requisiti prestazionali indicati nel progetto e nel rispetto delle medesime condizioni contrattuali e di prezzo offerto per la realizzazione dei consolidamenti con iniezioni cementizie.

2. NORME DI MISURAZIONE

I trattamenti per il consolidamento del terreno con iniezioni cementizie ad alta penetrabilità e/o interventi di jet-iniezione, sono compensati al metro cubo di terreno effettivamente trattato, mentre altri interventi puntuali (come, ad esempio, le coronelle attorno al perimetro dei pozzi di ventilazione) saranno invece computati a metro di colonna di terreno consolidato in funzione del diametro reso.

Nei prezzi dei trattamenti si intendono compensati tutti gli oneri principali ed accessori connessi al raggiungimento del consolidamento, quali:

- per i trattamenti con iniezioni cementizie (eccetto per le iniezioni eseguite con la tecnologia T.O.C.): le perforazioni per le lunghezze necessarie a definire il volume di trattamento di progetto, le canne di iniezione poste in opera distinte fra parte valvolata e non valvolata, i volumi di miscele effettivamente iniettate;
- per i trattamenti con jet-iniezione: le perforazioni seguite da jet-iniezione, le perforazioni a vuoto, computate dal piano di lavoro fino alla testa della colonna limitante il volume di terreno da trattare;
- la predisposizione dei piani di lavoro;
- il tracciamento ed il picchettamento degli assi di trattamento;

- la preparazione dei fanghi di perforazione, ove adottati in perforazione, e la loro gestione;
- l'eventuale impiego del rivestimento provvisorio;
- la perforazione con rilievo e registrazione in automatico, per tutti gli assi, dei parametri di perforazione;
- il trasporto a discarica dei materiali di risulta con mezzi stagni;
- gli oneri di discarica;
- gli oneri per l'individuazione preventiva e la protezione di sottoservizi (cavi elettrici, condotte di gas e acqua, fognature, ecc..) e altri manufatti interrati;
- i maggiori consumi di fanghi e miscele di iniezione per problemi vari;
- l'iniezione con rilievo e registrazione in automatico dei parametri di iniezione, per tutti i tubi valvolati e per tutte le valvole o per tutte le colonne di jet-iniezione;
- i controlli, come specificati di seguito, inclusi i carotaggi;
- quant'altro previsto nella presente specifica come lavorazione annessa alla realizzazione del trattamento di consolidamento.

E' compensato a parte con specifico prezzo, l'onere per la realizzazione del campo prove per la definizione della maglia di trattamento e i parametri operativi delle iniezioni e/o degli interventi di jet-iniezione secondo le modalità descritte nel paragrafo 3.7 della presente sezione.

3. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

La presente sezione di Capitolato stabilisce le normative e gli standard da osservare, le prescrizioni generali e particolari che dovranno essere attese, i requisiti tecnici minimi richiesti, le specifiche e le modalità d'impiego dei materiali da utilizzare, in conformità con gli elaborati di progetto, nella realizzazione di trattamenti di consolidamento con iniezioni cementizie ad alta penetrabilità e/o jet-iniezione.

Le disposizioni e le norme tecniche di questo Capitolato sono impegnative per l'Impresa appaltatrice o l'eventuale subappaltatore, di seguito indifferentemente individuati come l'Appaltatore, ma non limitative.

Nell'esecuzione dei lavori l'Appaltatore dovrà fornire la manodopera e le attrezzature necessarie, oltre che realizzare le opere provvisorie, in numero e tipologia adeguate alla esecuzione dei lavori, così come fornire i materiali per l'equipaggiamento dei fori e per le iniezioni, comunque necessari per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

Di seguito si elencano gli oneri generali a carico dell'Appaltatore e le Norme di riferimento per l'esecuzione del lavoro.

3.1 Preesistenze interrate

L'Appaltatore eseguirà le integrazioni alle indagini di progetto necessarie per accertare l'eventuale presenza di manufatti interrati (fondazioni abbandonate, cunicoli e fognature fuori servizio nonché eventuali reperti archeologici), sottoservizi di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, pozzi o altro) e materiale, anche metallico, che potrebbero interferire con la perforazione degli assi di perforazione, o che potrebbero essere interessati dai successivi interventi di consolidamento.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle eventuali opere di deviazione e/o di rimozione di tali ostacoli prima di dare corso alle attività di perforazione, comunque rimanendo a carico dell'Appaltatore ogni maggiore onere in caso di ostacolo non rimosso precedentemente, ivi includendo maggiori consumi sia di fanghi che di malte o miscele di iniezione, inclusi gli oneri per il reintegro delle opere preesistenti.

3.2 Bonifica bellica

E' onere dell'Appaltatore la verifica di esistenza di ordigni di natura bellica e la relativa bonifica in accordo alle specifiche riportate nella Sezione n.1 del Capitolato Speciale d'Appalto.

3.3 Inquinamento da rumore, vibrazioni e polvere

L'Appaltatore, in accordo col programma generale d'esecuzione dell'opera, dovrà redigere un programma esecutivo relativo alle opere specializzate in oggetto da realizzare, indicando il numero, la classe e la capacità operativa di tutte le attrezzature e gli impianti previsti, nonché delle squadre di personale addetto al loro corretto funzionamento (qualifica e numero). Sarà obbligo dell'Appaltatore adottare tutti gli accorgimenti previsti dalla normativa in vigore alla data in cui verranno eseguite le lavorazioni, atti a ridurre e contenere ogni tipo di rischio e disturbo alle persone che eseguiranno i lavori nonché ai residenti delle zone in cui i

lavori saranno eseguiti. Sarà altresì cura dell'Appaltatore evitare che le diverse operazioni possano arrecare danno ad opere e manufatti preesistenti.

In particolare, prevedendo di operare anche in ambito urbano ed eventualmente in turni anche notturni, le attrezzature impiegate dovranno rispondere ai massimi requisiti di insonorizzazione e, ove possibile, alloggiare in appositi container.

La DL, a sua discrezione, può richiedere che l'Appaltatore provveda ad eseguire misure di controllo della rumorosità e delle vibrazioni indotte, con oneri e spese relative a carico del medesimo Appaltatore.

Qualunque sia il sistema di perforazione adottato, l'Appaltatore dovrà garantire, anche adottando mezzi meccanici appositi, l'abbattimento delle polveri eventualmente prodotte, in qualunque ambiente si operi.

3.4 Salvaguardia ambientale e delle preesistenze

Gli interventi con finalità impermeabilizzanti non dovranno modificare le condizioni idrologiche del sottosuolo all'esterno delle aree immediatamente adiacenti ai trattamenti.

Tutti i fluidi di scarto e reflui, provenienti dagli impianti di confezionamento e/o dalle aree di lavoro, dovranno essere testati prima del loro smaltimento e, se riconosciuti dannosi per l'ambiente in presenza di alti valori di pH, dovranno essere trattati con appositi processi di bonifica o depositati in discariche autorizzate al loro smaltimento.

Dietro richiesta dei responsabili della sicurezza, dovranno essere prodotti dall'Appaltatore i certificati di trasporto e accettazione di tali prodotti nelle discariche prescelte.

Resteranno a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri economici ed amministrativi relativi alle operazioni di smaltimento suddette.

L'Appaltatore, prima di inviare le attrezzature in cantiere, dovrà fornire alla DL le relative schede tecniche e dovrà ricevere benestare scritto che ne autorizzi l'invio.

L'Appaltatore realizzerà tutte le opere provvisorie e/o di presidio che si rendessero necessarie per la salvaguardia di opere preesistenti, quali fabbricati e/o manufatti. Tali opere, previste in progetto e/o ordinate dalla DL, saranno compensate con i prezzi di elenco.

3.5 Discarica

Sarà obbligo dell'Appaltatore provvedere all'indicazione delle discariche autorizzate presso le quali saranno depositati i materiali di risulta provenienti dall'esecuzione dei trattamenti di consolidamento e dalle lavorazioni a loro connesse, incluse eventuali opere provvisorie e di presidio. Il trasporto a discarica dei suddetti materiali dovrà essere eseguito immediatamente, utilizzando idonei mezzi di trasporto dotati di contenitori e/o cassoni stagni in caso di materiali umidi.

Tutti i materiali di risulta, inclusi i fluidi non disperdibili nell'ambiente, dopo l'eventuale trattamento di bonifica, dovranno essere trasportati nelle apposite discariche, utilizzando mezzi di trasporto idonei; in particolare per i liquidi ed i fanghi dovranno essere utilizzati cassoni stagni. In ogni caso tale operazione dovrà essere eseguita nel rispetto delle leggi vigenti alla data della sua esecuzione ed in accordo ai regolamenti comunali e alle prescrizioni impartite dalla Città di Torino (traffico, rumorosità, pulizia delle strade).

Sono a carico dell'Appaltatore gli oneri connessi con il trasporto a discarica autorizzata del materiale di risulta da perforazioni, iniezioni, scavi e demolizioni; qualora la discarica non sia individuata dal progetto, l'Appaltatore è tenuto a selezionarla e ad ottenere tutti i permessi relativi, anche in funzione delle peculiari caratteristiche dei detriti in presenza di miscele cementizie.

L'Appaltatore prenderà ogni provvedimento per salvaguardare le strade di percorrenza fino alla discarica in caso di trasporto di materiale umido.

3.6 Controlli e prove

Sarà cura dell'Appaltatore far eseguire tutti i controlli e le prove prescritti dalla presente sezione del Capitolato Speciale d'Appalto parte B e dalle Specifiche di Controllo Qualità (Vedi Allegato 1), così come quelli integrativi che a giudizio della DL e dell'Appaltatore si rendessero necessari per garantire le qualità e le caratteristiche previste da progetto.

La determinazione delle caratteristiche che dovranno avere gli interventi di consolidamento per raggiungere i parametri del terreno consolidato previsti in progetto dovrà avvenire tramite uno specifico campo prova così come descritto nel paragrafo successivo di questa sezione del Capitolato Speciale d'Appalto parte B. Gli elaborati costruttivi di dettaglio relativi agli interventi di consolidamento dovranno quindi essere redatti in

conformità a quanto derivato dal campo prove. Su ciascun elaborato grafico relativo a ciascun intervento di consolidamento dovrà essere riportata la stratigrafia della zona da trattare, così come deducibile dagli studi geologici geotecnici condotti in sede di Progetto Esecutivo e da eventuali ulteriori approfondimenti a seguito di indagini integrative condotte dall'Appaltatore.

E' onere dell'Appaltatore verificare, in contraddittorio con la DL, che gli interventi di consolidamento abbiano permesso il raggiungimento degli obiettivi (parametri del terreno consolidato previsti in progetto) secondo quanto derivato dal campo prove e dalle prescrizioni del presente capitolato; tale verifica potrà avvenire mediante carotaggi, prove di permeabilità in sito (Lefranc, Lugeon, ...), prove sismiche e/o tomografiche, osservazione diretta del trattamento o con altre modalità da concordarsi con la Direzione dei Lavori.

3.7 Campi prova, prove tecnologiche preliminari e definizioni metodologiche

3.7.1 Aspetti generali

L'Appaltatore ha l'obbligo di eseguire delle prove tecnologiche preliminari a propria cura, per verificare che le attrezzature e le modalità di esecuzione da lui proposte permettano il conseguimento dei fini progettuali preposti.

Per ciascuna tipologia di trattamento scelto, l'Appaltatore – preliminarmente all'utilizzo delle medesime – dovrà eseguire un campo prove, finalizzato alla verifica ed ottimizzazione dei parametri e delle tipologie di intervento, la cui geometria e modalità esecutiva saranno fissate in funzione delle necessità progettuali.

Con tale campo prova saranno testate più tipologie di interventi facendo variare per ognuno un solo elemento fra interasse delle perforazioni, composizione miscele, volumi, portate, pressioni, ecc..

L'Appaltatore eseguirà inoltre, a proprie spese, una campagna di qualificazione dei prodotti impiegati e delle miscele ottenute, i cui risultati, se accettati dalla DL, avranno valore di riferimento per i controlli descritti ai paragrafi specifici.

Sarà cura dell'Appaltatore selezionare ed utilizzare attrezzature e modalità esecutive degli interventi di consolidamento adeguate alle condizioni ambientali, morfologiche, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni da consolidare.

La scelta delle attrezzature e delle modalità esecutive dovrà essere sottoposta per approvazione alla DL che ne verificherà l'idoneità con il Progetto, il Programma dei Lavori e le presenti Specifiche Tecniche.

Lo scopo di ciascun campo prove sarà quello di:

1. Acquisire la necessaria conoscenza delle caratteristiche dei terreni da consolidare su cui tarare le scelte tecnologiche, metodologiche e dei prodotti di iniezione da impiegare. Saranno pertanto approfondite le conoscenze geologiche ed accertate tutte le caratteristiche geotecniche ed idrologiche dei terreni interessati dal trattamento: stratigrafia, granulometria, porosità e densità relativa, permeabilità, proprietà mineralogiche e chimiche e proprietà meccaniche.
2. Valutare l'eventuale influenza della falda, in termini di carico idraulico e velocità di filtrazione, per la definizione delle tarature tecnologiche e dei prodotti da impiegare.
3. Verificare – per ciascuna fase esecutiva (preparazione delle miscele di consolidamento, perforazioni, consolidamento, monitoraggi) - l'idoneità delle attrezzature previste alle condizioni ambientali, morfologiche, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni da consolidare.
4. Ottimizzare la scelta delle metodologie e dei prodotti di iniezione idonei ai trattamenti in progetto e quindi che garantiscano il conseguimento dei fini progettuali preposti nei tempi programmati.
5. Valutare ogni possibile opportunità di definizione del progetto di dettaglio dei trattamenti, in termini di miscele, maglie, pressioni, portate, volumi e criteri realizzativi.

3.7.2 Controlli preliminari

Per ciascun campo prove approvato, preliminarmente all'esecuzione dei fori per iniezione / jet-iniezione, dovranno essere determinante le caratteristiche geologiche/geotecniche ed idrogeologiche dei terreni eseguendo:

1. almeno un carotaggio completo con recupero di campioni per prove di identificazione in laboratorio;
2. prove di permeabilità tipo Lefranc in foro di sondaggio, ad intervalli di circa 1.5-3.0 m alla profondità del trattamento più 2 m sopra e 2 metri sotto.
3. le perforazioni per installazione delle canne di iniezione saranno tutte eseguite con registrazione dei parametri (diagrafie)

4. prove geofisiche tipo "cross-hole" (tomografie sismiche) per la determinazione delle caratteristiche meccaniche e del modulo dinamico.

Si evidenzia che le perforazioni entro cui eseguire le tomografie sismiche dovranno essere tali da consentire – successivamente al trattamento di consolidamento – la ripetizione di questa indagine determinando quindi i nuovi parametri meccanici del terreno.

3.7.3 Esecuzione del campo prove

Per "campo prove" si intende un insieme di più aree consolidate ("rosette" il cui numero sarà compreso tra 4 e 8), ciascuna costituita da 7 verticali della lunghezza di almeno 10m, di cui 6m utili, e comunque tale da andare a interessare con il trattamento i terreni alle profondità previste in progetto.

L'Appaltatore proporrà più geometrie del trattamento (maglie) che dovranno avere una estensione tale da garantire un idoneo volume di terreno omogeneamente trattato.

Dovendo provare più maglie, più miscele e più combinazioni di parametri di iniezione, la disposizione dei fori dovrà essere tale da individuare univocamente le zone (sia pure contigue) trattate da ognuna di esse.

Altimetricamente tale trattamento dovrà coprire tutta l'altezza dell'intervento previsto in progetto.

Non saranno ammesse miscele e combinazioni di parametri differenti (a parità di trattamento di consolidamento) all'interno della stessa zona.

3.7.4 Test da effettuare in ciascun campo prove

Prima della sua realizzazione, l'Appaltatore sottoporrà all'approvazione della DL uno specifico documento comprensivo delle caratteristiche di ciascuna area da consolidare che intende eseguire.

Ciascun campo prove dovrà come minimo comprendere:

- Lunghezza di ciascun foro di iniezione / jettiniezione (Li) $\geq 10,0m$ e comunque tale da andare a interessare con il trattamento i terreni alle profondità previste in progetto
- Inclinazione rispetto alla verticale di ciascun foro di iniezione / jettiniezione (Alpha) $\pm 30^\circ$
- Numero di fori di iniezione / jettiniezione per ciascuna maglia di consolidamento da testare: 7
- Numero di zone (maglie di consolidamento) da testare: ≥ 3

Il progetto dell'intervento di consolidamento prevede l'utilizzo di una disposizione a "quinconce" dei punti di iniezione o jettiniezione, con distanza tra le file (a) e distanza tra i punti di iniezione / jet-iniezione nella stessa fila (b) determinata; nel campo prove – oltre alla maglia di progetto - dovranno essere testate più maglie di consolidamento al fine di determinare quella idonea a garantire il raggiungimento degli obiettivi progettuali.

Nel caso si vogliano provare più combinazioni di parametri operativi, la disposizione dei fori dovrà essere tale da individuare univocamente le serie di colonne (sia pure contigue) trattate per ognuna di esse.

Tutte le perforazioni per iniezione / jet-iniezione potranno essere eseguite a distruzione ma con registrazione automatica dei parametri di perforazione.

3.7.5 Indagini in sito successive ai consolidamenti

L'Appaltatore dovrà predisporre sezioni trasversali e longitudinali delle zone di trattamento riportando differenti colorazioni in funzione degli assorbimenti e delle pressioni di iniezione raggiunte, da confrontare con corrispondenti sezioni geologiche.

Alla fine dei trattamenti e comunque non prima di 14-21gg dalla data di completamento dei trattamenti si verificheranno i risultati ottenuti eseguendo per ogni area (maglia di consolidamento):

- Perforazione a distruzione di nucleo per l'esecuzione di prove d'acqua tipo Lefranc.
- Perforazioni a carotaggio continuo, eseguite con doppio o triplo carotiere T2 o T6S e corona a diamanti per il recupero di carote con diametro minimo di 100 mm.
- Tomografie sismiche eseguite attraverso gli stessi fori entro cui erano state eseguite le tomografie sismiche preliminarmente ai consolidamenti.
- Prove Masw da superficie per i consolidamenti effettuati con iniezioni cementizie.
- Ispezione diretta: per quanto possibile le zone di trattamento andranno rese osservabili direttamente e fotografabili attraverso opportuni scavi; nel caso di jet-iniezione, per ciascuna colonna si prevedono anche la misura del diametro medio a varie profondità e il rilievo geometrico, avendo cura di misurare i perimetri ad intervalli regolari di non oltre 20 cm.

Tutti i fori di indagine suddetti saranno realizzati in posizioni tali da poter determinare l'effettivo esito del consolidamento in ogni parte trattata; ad esempio, dovranno essere realizzati in punti intermedi rispetto alla maglia di perforazione.

Per quanto specificamente attinente i campi prova jet-iniezione, si precisa che le perforazioni a carotaggio continuo andranno eseguite in punti diversi della colonna e che la percentuale di carotaggio estratto non dovrà risultare inferiore all'85% della lunghezza teorica della colonna e il recupero percentuale modificato (RPM) non dovrà essere inferiore al 50%. Qualora una carota risultasse di lunghezza complessiva inferiore all'85% della lunghezza teorica della colonna o si rivelasse non perfettamente compatta e omogenea l'Appaltatore dovrà procedere a ulteriori prove, da eseguire anch'esse a propria cura e spese, mediante laboratori o ditte qualificate dall'Appaltatore ed approvate dalla DL, attestanti la continuità, su tutta la lunghezza della colonna. Qualora i risultati ottenuti evidenziassero delle discontinuità nel trattamento eseguito, la colonna stessa dovrà essere considerata inaccettabile e si procederà a ulteriori prelievi di carote nelle colonne limitrofe e della stessa serie, al fine di confermare o meno l'inaccettabilità della combinazione maglia - parametri operativi testata.

Il numero dei fori di indagine e delle prove in situ per ogni zona potrà essere incrementato in funzione della qualità dei risultati ottenuti.

3.7.6 Indagini in laboratorio su campioni di terreno consolidato

- Preparazione campioni

Sui campioni prelevati, in sondaggio e con prelievo diretto, si eseguiranno le seguenti operazioni:

- * catalogazione, descrizione e documentazione fotografica;
- * osservazioni relative al grado di continuità con l'indicazione delle percentuali di recupero e la lunghezza di ciascun pezzo di carota (in cm);
- * trasporto, nel laboratorio prescelto dalla DL, dei campioni preventivamente inseriti in fustelle di PVC chiuse con paraffina ed opportunamente imballati, per prove di routine.

- Prove di laboratorio

Sui provini che non rivelino anomalie tali da pregiudicare l'attendibilità dei dati sperimentali si eseguiranno le determinazioni del peso specifico iniziale e secco di ogni campione

Su campioni scelti dalla DL, ricavati dai predetti carotaggi continui, con altezza pari a 1.0-1.25 volte il diametro della carota, dovranno essere eseguite le prove di laboratorio, secondo quanto di seguito indicato ai paragrafi 6.5 e 6.6, eventualmente integrato dalla specifica di progetto o dalle indicazioni della DL.

Gli usuali calibri e metodi di perforazione e sondaggio non sempre consentono carotaggi significativi del terreno consolidato in formazioni con elementi lapidei grossolani e talvolta anche in formazioni coesive argillose; pertanto, si eseguiranno anche prelievi manuali di blocchi con dimensioni adeguate alla massima dimensione degli elementi lapidei visibili, da inviare al laboratorio per l'esecuzione delle prove sopra citate.

3.7.7 Accettazione dei risultati campo prove

Al termine del campo prove l'Appaltatore presenterà la documentazione consuntiva articolata nei seguenti punti:

- relazione di quanto eseguito, dettagliando ogni operazione e fase esecutiva e specificando le attrezzature, la metodologia, le miscele iniettate, le maglie ed i parametri operativi adottati;
- esplicita dichiarazione che la fase sperimentale condotta sia risultata esauriente per accertare qualsiasi aspetto geologico e metodologico influente sul progetto da eseguire; in caso contrario l'Appaltatore presenterà la nuova proposta di campo prova;
- accertamenti geologici raggiunti;
- comprovazioni di efficienza del campo sperimentale eseguito;
- risultati di tutte le prove eseguite, in sito ed in laboratorio;
- nota interpretativa dei risultati del campo prove;
- il proprio piano esecutivo, specificando il metodo di lavoro che sarà adottato ed eventuali variazioni rispetto alle definizioni preventive al campo prove. Nel piano esecutivo l'Appaltatore in particolare specificherà: a) le attrezzature da impiegare; b) le miscele da predisporre ed iniettare; c) le maglie ed i criteri di iniezione da osservare; d) nel caso di jet-iniezione il sistema jet che adotterà (mono, bi, tri-fluido), con relativi parametri e il diametro di colonna che mediamente prevede di ottenere; e) la distribuzione planimetrica degli assi dei fori prendendo in conto gli scostamenti risultanti dalla più

sfavorevole concomitanza di deviazioni ammesse nelle tolleranze; f) la distanza minima da mantenere tra i punti di iniezione / jet-iniezione; g) le produzioni per attrezzatura che presume mantenere ed il numero di attrezzature che impiegherà per rispettare il Programma Lavori.

La DL, sulla base del documento consuntivo presentato, potrà richiedere ulteriori chiarimenti od approfondimenti; oppure darà approvazione per l'avvio della fase realizzativa, ferma restando la responsabilità dell'Appaltatore sulle proprie scelte realizzative, sul passo dei trattamenti, sui diametri di colonne da conseguire, sui parametri operativi da adottare e sulle tempistiche realizzative.

3.7.8 Ubicazione campo prove

Il/i campo/i prove andrà/anno ubicato/i in aree interessate dalla stessa tipologia di terreni entro cui si dovranno eseguire gli interventi. Le singole aree su cui saranno eseguiti i consolidamenti di prova dovranno comprendere "rosetta" costituita da 7 verticali per ciascuna tipologia di maglia e di miscela da testare.

L'ubicazione del campo prove dovrà essere individuata dall'Appaltatore all'interno delle aree di cantiere del progetto e approvata dalla DL.

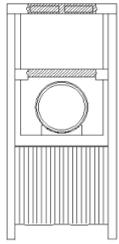
3.8 Altre prescrizioni

L'Appaltatore dovrà realizzare tali consolidamenti con la massima perizia e cura, avendo in particolare cura che:

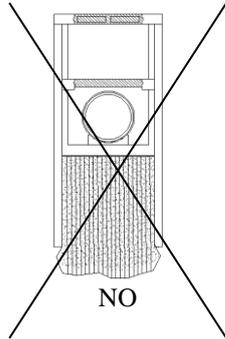
- Le attrezzature di pompaggio devono essere dotate di appositi dispositivi automatici di sicurezza di controllo della pressione che, adeguatamente tarati, devono automaticamente bloccare il funzionamento dell'iniezione nel caso in cui insorgano sovra-pressioni.
- Tutti gli interventi con colonne jet-grouting devono essere eseguiti garantendo lo spurgo del refluo a bocca foro, in modo da controllare l'eventuale insorgere di sovra-pressioni.
- Lo spurgo deve essere costantemente monitorato visivamente e, nel caso in cui si verificasse un rallentamento della risalita o addirittura il blocco totale dello spurgo stesso, il pompaggio deve essere immediatamente bloccato.
- Ogni qual volta il pompaggio viene bloccato per la perdita di risalita del materiale refluo, l'operatore deve:
 - ridurre al minimo la pressione e la portata di immissione della miscela cementizia;
 - eventualmente sostituire la miscela cementizia con acqua;
 - muovere l'asta di perforazione in senso verticale, con rotazione, sino sbloccare la risalita del refluo;
 - riavviare il pompaggio ad una pressione più bassa rispetto a quella di normale iniezione, incrementandola quindi fino a ripristinare la portata di spurgo a boccaforo.

Il pompaggio di miscela potrà quindi essere ripreso con la pressione "massima" prevista.

- Per tutti gli interventi in adiacenza a preesistenze (sottoservizi, fabbricati, ecc.), dovranno essere adottate particolari precauzioni. In particolare, le colonne vicine alle preesistenze dovranno essere eseguite per prime, e dovranno essere fatte maturare adeguatamente prima di eseguire le colonne successive, in modo da proteggere tali preesistenze dall'esecuzione delle colonne successive. Ciò vale, a titolo esemplificativo ma non limitativo, per i consolidamenti delle coronelle laterali dei pozzi.
- Per il Jet, si eviterà di operare con eccessivo numero di attrezzature jet in contiguità, dovendo comunque rispettare la distanza minima prescritta in specifica fra assi.
- Per le aree consolidate in/out TBM stazioni e pozzo terminale, dovranno essere prima eseguite le colonne perimetrali e, successivamente alla loro maturazione, quelle centrali, comunque dopo la esecuzione dei confinamenti previsti in progetto (diaframma plastico o altro).
- I tamponi di fondo delle stazioni, dei pozzi di ventilazione e pozzo terminale devono essere sempre confinati all'interno delle paratie: il piede delle paratie dovrà quindi sempre risultare ad una quota non superiore rispetto alla quota di massima profondità del tampone.



SI



NO

3.9 Documentazione finale

L'Appaltatore dovrà provvedere, con il procedere dei lavori ed a fine lavori, alla redazione del progetto "come costruito", che dovrà riportare tutte le informazioni relative alla stratigrafia effettivamente rinvenuta durante la perforazione degli assi previsti, la loro effettiva profondità posizione e quota, le operazioni di iniezione eseguite, specificando i prodotti iniettati, i volumi e le pressioni.

Saranno evidenziate tutte le modifiche eventualmente intervenute, supportate da apposita relazione giustificatrice di progetto.

SEZIONE 9 A – JET-GROUTING

1. DEFINIZIONI

Si definiscono trattamenti jetting gli interventi di consolidamento e miglioramento dei terreni, ottenuti con la miscelazione del terreno in posto con leganti cementizi attraverso la tecnica esecutiva basata sull'impiego dei sistemi jetting (ad uno o più fluidi).

Perforato il terreno, la jet-iniezione è eseguita di norma in risalita, utilizzando quale circuito di iniezione la batteria di aste di perforazione e l'utensile di disagregazione, opportunamente corredato di ugelli di iniezione ortogonali all'asse.

Per effetto della rotazione dell'asta durante l'estrazione, la jet-iniezione realizza una colonna, comunque inclinata, il cui diametro medio nominale dipende dalle modalità e dai parametri di iniezione utilizzati (n° dei fluidi, pressioni e portate di iniezione, velocità di rotazione e di estrazione, numero e diametri degli ugelli di iniezione, ecc.), oltre che dalle caratteristiche granulometriche e meccaniche intrinseche del terreno oggetto di consolidamento.

Nei trattamenti jet rientrano anche ulteriori applicazioni atte alla realizzazione di:

- setti verticali, ottenuti bloccando la rotazione delle aste in fase di iniezione, oppure accelerando la rotazione nelle aperture angolari ortogonali al setto
- setti sub-orizzontali, ottenuti consentendo l'estrazione delle aste solo per valori discreti.

Si distinguono i seguenti diversi sistemi tecnologici:

- sistema monofluido
- sistema a due fluidi
- sistema a tre fluidi

3.10 Sistema monofluido

L'eiezione ad alta velocità della miscela avviene attraverso ugelli laterali portati da una testa detta "monitor", montata all'estremità della batteria di aste di perforazione e solidale all'utensile di disagregazione.

La miscela, eiettata ad elevata velocità, funge da mezzo disagregante e di miscelazione del terreno circostante con l'agente legante.

3.11 Sistema a due fluidi

Ugelli a fori coassiali montati sul "monitor" permettono la fuoriuscita ad alta velocità della miscela cementizia dal foro centrale insieme a un getto di aria compressa uscente dal foro anulare. Con tale sistema si riesce a mantenere il getto di miscela cementizia energizzato su più lunga distanza, fungendo l'aria da elemento "contenitore" della rosa di apertura del getto.

3.12 Sistema a tre fluidi

L'eiezione ad alta velocità della miscela avviene attraverso un ugello montato sul "monitor", mentre la disagregazione del terreno avviene attraverso un secondo ugello, posto al di sopra del primo, che eietta acqua ad elevata velocità. L'efficacia del getto d'acqua è incrementata da un getto coassiale (ed anulare) di aria compressa.

Con tale sistema l'azione disagregante avviene quindi tramite il getto ad elevata velocità di acqua ed aria compressa, mentre alla miscela cementizia, iniettata nel terreno già disagregato, viene demandato il compito di miscelazione del terreno circostante con l'agente legante.

	sistema jet-iniezione					
	monofluido		bifluido		trifluido	
	disgrega	stabilizza	disgrega	stabilizza	disgrega	stabilizza
mix cementizia						
aria compressa						
acqua						

Le colonne ottenute, se previsto dal progetto, possono essere successivamente armate, utilizzando barre in acciaio ad aderenza migliorata o elementi strutturali sia metallici sia in altro materiale.

In funzione delle modalità con cui vengono armate le colonne, l'inserimento dell'armatura può avvenire a colonna fresca, per infissione a pressione ed eventuale rotazione, oppure riprofondendo le colonne indurite e solidarizzando l'armatura con miscela cementizia avente la stessa composizione della miscela di iniezione.

2. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Si rimanda al capitolo 3 della Sezione Introduttiva.

3. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

3.1 Parametri tipici di jet-iniezione e caratteristiche delle colonne

A puro scopo indicativo, e non vincolante per l'Appaltatore, si riportano parametri tipici delle operazioni di jet-iniezione:

Tabella 2.1: parametri operativi indicativi dei sistemi jetting

SISTEMI		Monofluido	Bifluido	Trifluido
Pressione pompa miscela	MPa	30÷55	20÷40	2÷10
Portata miscela	l/min	120÷600	120÷600	120÷300
Diametro ugello miscela	mm	2.0÷8.0	2.0÷8.0	2.0÷8.0
Numero ugelli miscela	n°	1÷2	1÷2	1÷2
Rapporto acqua/cemento	-	0.6÷1.25	0.6÷1.25	0.4÷1.0
Pressione pompa acqua	MPa	-	-	20÷55
Portata flusso acqua	l/min	-	-	120÷300
Diametro ugello acqua	mm	-	-	2.0÷8.0
Pressione aria compressa	MPa	-	0.5÷2.0	0.5÷2.0
Portata flusso aria compressa	mc/min	-	12÷18	12÷18
Velocità risalita	cm/min	24÷60	6÷48	3÷30
Velocità rotazione	rpm	5÷40	3÷30	1÷40

Nota : I valori riportati in tabella sono indicativi e variano in funzione del tipo di terreno da trattare e dei requisiti progettuali: l'Appaltatore, sulla base della propria tecnologia, delle risultanze del campo prove e delle circostanze geologiche, ottimizzerà le proprie scelte operative.

Salvo diverse indicazioni specifiche riportate nel progetto, si riportano, a scopo indicativo, le caratteristiche geometriche e meccaniche minime per i trattamenti di jet-iniezione:

Tabella 2.2: caratteristiche e limiti di accettabilità delle colonne jet-grouting

SISTEMA	TIPO TERRENO	DIAMETRO MEDIO (m) D.M.	RESISTENZA (MPa) q _u
Monofluido	Argille mediamente consistenti	sconsigliato	-
-	Limi e argille poco consistenti	0.4 ÷ 0.8	>1.5 ÷ 2.0
-	Sabbia limosa	0.6 ÷ 1.0	>5 ÷ 6
-	Sabbia e/o Ghiaia	0.6 ÷ 1.2	>5 ÷ 6
Bifluido	Argille mediamente consistenti	0.5 ÷ 1.0	>1.5 ÷ 2.0
-	Limi e argille poco consistenti	0.6 ÷ 1.3	>1.5 ÷ 2.0
-	Sabbia limosa	1.0 ÷ 2.0	>5 ÷ 6
-	Sabbia e/o Ghiaia	1.2 ÷ 2.5	>5 ÷ 6
Trifluido	Argille mediamente consistenti	0.8 ÷ 1.5	>1.5 ÷ 2.0

SISTEMA	TIPO TERRENO	DIAMETRO MEDIO (m) D.M.	RESISTENZA (MPa) q_u
-	Limi e argille poco consistenti	1.0 ÷ 1.8	>1.5 ÷ 2.0
-	Sabbia limosa	1.2 ÷ 2.5	>5 ÷ 6
-	Sabbia e/o Ghiaia	1.5 ÷ 3.0	>5 ÷ 6

3.2 Soggezioni geotecniche ed ambientali

Le perforazioni potranno essere eseguite con o senza rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile.

I fluidi di perforazione potranno essere costituiti da:

- acqua;
- fanghi bentonitici e/o polimerici, questi ultimi biodegradabili; nel caso di impiego di polimeri e/o di additivi per la bentonite, l'Appaltatore dovrà preventivamente al loro uso produrre per tempo gli appositi certificati e schede di sicurezza fornite dal fabbricante dei prodotti, per l'approvazione della DL e dei responsabili dell'ambiente e della sicurezza del cantiere;
- miscele cementizie;
- aria nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro, o in altri casi proposti dall'Appaltatore e accettati dalla DL.

I procedimenti e le pressioni di iniezione devono essere determinati, anche per il campo prove, in modo da non provocare modificazioni indesiderate dello stato di deformazione e dello stato di sollecitazione su opere vicine, quali sollevamenti nelle adiacenze; dovranno inoltre evitarsi comunicazioni tra fori o colonne vicine, non ancora indurite. A tal fine l'Appaltatore, sulla base anche delle prove tecnologiche preliminari, dovrà studiare la corretta sequenza di esecuzione.

La verifica di eventuali effetti negativi indotti dai trattamenti (eventuali innalzamenti di edifici adiacenti) eseguiti con jet-grouting sarà effettuata con monitoraggio automatico in continuo, a partire dalla fase di perforazione, con restituzione dei dati, a disposizione dell'Appaltatore, della DL e della Stazione Appaltante, su sistema GIS. L'Appaltatore è tenuto a eseguire il jet-grouting monitorando, con personale tecnico specializzato, in tempo reale gli eventuali effetti indotti sulle preesistenze.

La DL, oltre quanto già previsto in progetto, potrà richiedere specifici controlli topografici e la realizzazione e la gestione di una rete di controllo con strumentazione di monitoraggio geotecnico e strutturale.

3.3 Approfondimenti geologici e geotecnici

L'Appaltatore è tenuto ad approfondire le conoscenze geologiche e geotecniche lungo l'asse del tracciato, anche attraverso la realizzazione di ulteriori indagini, secondo le metodologie e tecniche descritte nella Sezione 3 del Capitolato Speciale d'Appalto.

3.4 Campi prova, prove tecnologiche preliminari e definizioni metodologiche

Si rimanda a quanto riportato al paragrafo 3.7 della Sezione Introduttiva.

3.5 Preparazione del piano di lavoro e tracciamenti

Il piano di lavoro dovrà essere predisposto con le seguenti caratteristiche minime:

- massicciata in misto stabilizzato di spessore almeno pari a 50 cm, compattata; in alternativa si prevederà un getto di magrone per lo spessore minimo di 20 cm,
- superficie con pendenza massima ammessa pari allo 1%,
- capacità portante della piattaforma di lavoro dovrà essere almeno pari a 2 kg/cm².

La quota dei piani di lavoro dovrà essere posta almeno 1,0 m sopra la massima quota dei livelli piezometrici delle falde acquifere presenti nel terreno o prevedibili nel periodo di esecuzione dei lavori.

Il piano di lavoro dovrà essere mantenuto pulito, illuminato e sempre agevolmente percorribile dalle attrezzature impiegate e dal personale addetto al loro funzionamento e controllo; apposite canale di raccolta e di scolo, opportunamente posizionate ed inclinate, favoriranno il deflusso dei residui di perforazione e dei reflui di iniezione, delle acque di scarico e meteoriche, in appositi punti di raccolta, dai quali, per mezzo di

pompe o di altri sistemi di aggettamento, saranno definitivamente allontanate. L'Appaltatore è comunque responsabile della idoneità del piano di lavoro predisposto in termini di operatività dei mezzi previsti e di sicurezza di personale addetto e mezzi.

Le perforazioni previste per i consolidamenti jet grouting potranno interferire con eventuali sottoservizi esistenti e non soggetti a deviazione, il cui esercizio dovrà essere mantenuto attivo; si dovranno adottare preliminarmente tutti gli accorgimenti nella progettazione esecutiva/costruttiva delle perforazioni e nel loro tracciamento, al fine di evitare qualsiasi interferenza con tali sottoservizi, anche prevedendo la loro messa a luce.

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà presentare alla DL una planimetria riportante la posizione di tutte le colonne da realizzare, incluse quelle di prova; a ciascuna colonna dovrà essere associato un numero identificativo e dovrà recare specifica indicazione di sequenza. Sulla planimetria devono essere chiaramente indicate le tipologie e le dimensioni di ciascuna colonna.

Prima di iniziare il lavoro, l'Appaltatore dovrà tracciare sul terreno la posizione delle colonne mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun elemento; riferimenti anche esterni garantiranno la conservazione degli assi anche dopo l'esecuzione delle colonne. Ai picchetti dovranno essere applicate targhette con il numero identificativo, o altra indicazione, che consentano una immediata e chiara individuazione della corrispondenza dell'asse tracciato con la colonna jet-iniettata come da Progetto.

In alternativa al tracciamento topografico e alla identificazione dei fori di progetto con picchetti sul terreno, potrà essere impiegata una strumentazione GPS, installata direttamente sulla perforatrice. In questo caso, il progetto planimetrico dell'intervento dovrà essere caricato sulla strumentazione, con ad ogni foro associate le coordinate GPS. Selezionando il foro da eseguire, la perforatrice potrà essere posizionata esattamente sull'asse di progetto della perforazione proprio grazie a detta strumentazione.

3.6 Tolleranze di esecuzione

I fori di consolidamento dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni nominali definite a seguito del campo prove, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto o richieste dalla DL in specifiche circostanze e progressive del progetto:

- coordinate planimetriche dell'asse della colonna a testa foro: ± 2 cm
- scostamento dall'asse teorico: $\pm 1\%$ per perforazioni verticali e 2% per perforazioni con inclinazione $\geq 20^\circ$ rispetto alla verticale.
- lunghezza: ± 15 cm
- diametro medio reso: $\pm 10\%$
- quota testa consolidamento: ± 5 cm

Al fine di non limitare troppo il passo fra i fori di consolidamento, l'Appaltatore potrà in alternativa dichiarare differenti e più limitate tolleranze che ritiene essere in grado di rispettare; in tal caso l'Appaltatore dovrà anche dichiarare le modalità operative ed il piano di autocontrollo che attuerà per garantire tale prodotto.

È prescritta la misura di deviazione di ogni perforazione jet grouting. È preferibile l'esecuzione della misura al completamento della perforazione mediante inserimento di sonda inclinometrica all'interno delle aste di perforazione. Qualora il metodo di misura prescelto dall'Appaltatore dovesse essere quello che prevede la misura in corso di perforazione con apposita strumentazione dedicata, è comunque prescritto che la stessa misura sia ripetuta al completamento della perforazione, su almeno il 10% delle colonne, mediante inserimento di sonda inclinometrica all'interno delle aste di perforazione.

I limiti di tolleranza indicati hanno valenza generale; per circostanze particolari, quali perforazioni a stretto ridosso di opere preesistenti da salvaguardare, potranno essere imposti limiti più restrittivi, secondo prescrizioni indicate sul Progetto Esecutivo.

L'Appaltatore sarà tenuto ad eseguire a proprio totale onere tutte le opere sostitutive e/o complementari che si rendessero necessarie per rendere piena funzionalità all'opera in caso di esecuzione non rientrante nelle tolleranze specificate, secondo le istruzioni impartite dalla DL.

4 MATERIALI

4.1 Miscela cementizia

È prescritto un processo iniziale di qualificazione mirato ad accertare sia l'idoneità dei prodotti da aggregare, sia la composizione ottimale per il conseguimento degli obiettivi progettuali posti; in caso di cambio della fornitura del singolo prodotto, o di impianto di preparazione, l'Appaltatore deve ripetere le prove di qualificazione.

Sarà adottata una miscela binaria cemento/acqua il cui rapporto variabile deve essere definito in funzione del sistema operativo, del tipo di terreno, dei parametri di jet-iniezione, nonché dei risultati ottenuti nel campo prove.

L'Appaltatore dichiarerà e certificherà con dovuta documentazione le caratteristiche dei materiali che si propone di utilizzare, indicandone i fornitori e, per quanto riguarda l'acqua, la provenienza.

L'Appaltatore dovrà accertarsi preventivamente che i materiali, aventi le caratteristiche qui richieste, siano disponibili in quantità sufficiente a coprire l'intero prevedibile fabbisogno per l'esecuzione delle colonne previste in progetto, con le scadenze di fornitura atte a soddisfare le esigenze del Programma Lavori.

4.2 Componenti

a- Cemento

Il cemento impiegato dovrà essere scelto in relazione alle esigenze di resistenza richiesta al consolidamento ed alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività dell'ambiente esterno. A tal fine il cemento dovrà rispondere alle caratteristiche previste nelle Norme UNI EN 197-1.

b- Acqua di impasto

Si utilizzerà acqua chiara di cantiere, dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o di solfati, non inquinata da materie organiche, o comunque dannose alla idratazione dei leganti utilizzati.

Le caratteristiche chimico-fisiche devono soddisfare i requisiti specificati nelle norme vigenti e devono rientrare nei limiti indicati in tabella, accertati dall'Appaltatore, preliminarmente all'inizio dei lavori presso un laboratorio ufficiale, mediante analisi chimica:

caratteristica	Limiti di accettabilità
pH	da 5,5 a 8,5
contenuto solfati	SO ₄ ⁻ minore 800 mg/litro
contenuto cloruri	Cl ⁻ minore 300 mg/litro
contenuto acido solfidrico	minore 50 mg/litro
contenuto. sali minerali	minore 3000 mg/litro
contenuto sostanze organiche	minore 100 mg/litro
contenuto sostanze solide sospese	minore 2000 mg/litro

Analogamente dovrà essere eseguita ad ogni cambio di fornitura od a richiesta della DL.

c- Additivi

È ammesso l'uso di additivi, come di seguito indicato:

- stabilizzanti, quali disperdenti colloidali (ad es. bentonite in rapporto 1÷3% sull'acqua);
- fluidificanti;
- acceleranti o ritardanti di presa;
- impermeabilizzanti;
- di protezione delle miscele dal dilavamento nel caso di falda in movimento con forte velocità;
- di protezione da eventuali agenti organici presenti nel terreno.

L'adozione di additivi svolge un ruolo importante sulle caratteristiche meccaniche delle miscele e della colonna di terreno stabilizzato, per cui tali effetti saranno verificati ed accettati in funzione degli scopi del trattamento stesso.

Gli additivi che l'Appaltatore si propone di utilizzare dovranno essere sottoposti all'approvazione preventiva della DL.

Tutti gli additivi impiegati devono essere conformi alle norme UNI vigenti:

- EN 934 parte 2
- EN 480 parti 1÷12 relative ai metodi di prova

L'Appaltatore, per ogni additivo impiegato, deve presentare una specifica documentazione indicante:

- le caratteristiche chimico-fisiche,
- le motivazioni d'impiego;
- i dosaggi ottimali;
- eventuali effetti collaterali dell'additivo sulla miscela;
- modalità di miscelazione e scheda di sicurezza.

4.3 Preparazione della miscela di jet-iniezione

Di norma le miscele cementizie di jet-iniezione saranno preparate adottando un dosaggio in peso dei componenti tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$$0,8 \leq a/c \leq 1,0$$

Differenti valori, qualora proposti dall'Appaltatore, andranno motivati progettualmente, comprovandone l'idoneità attraverso il campo prove.

4.4 Armatura delle colonne

Ove previsto dal progetto, le colonne jet-iniettate dovranno essere armate, prevedendosi le possibilità di armatura descritte nei paragrafi che seguono.

3.1.1 Tubi in acciaio

Per realizzare l'armatura delle colonne è prescritto l'impiego di tubi aventi caratteristiche geometriche e qualità dell'acciaio conformi a quanto indicato nei disegni di progetto.

I tubi dovranno essere del tipo senza saldature, con giunzioni filettate interne.

Le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) dovranno consentire una trazione ammissibile pari almeno al 70% del carico ammissibile a compressione.

Qualora espressamente autorizzato dalla DL, è ammesso l'impiego di tubi di produzione non nazionale, di caratteristiche meccaniche equivalenti a quanto prescritto in progetto, purché certificati in conformità a quanto prescritto nelle Norme Tecniche 17/01/2018 e successivi aggiornamenti. In particolare, per le prove di qualificazione dovrà essere fatto riferimento a quanto previsto al punto 2 e ai paragrafi H.1. (identificazione) e H.2.2. (esclusione dei prodotti rottamati) dell'Allegato 8 del D.M. in questione e alle norme richiamate per:

- 1) Materiali da impiegare: Norme UNI EN 10210 Parti 1^a e 2^a, UNI EN 10025; EN 10045 Parte 1^a; UNI EN ISO 148-1;
- 2) Saldature: Norme UNI EN ISO 2560;
- 3) Bullonature: Norme UNI EN ISO 4016, UNI EN ISO 4033, UNI EN ISO 4034;
- 4) Collaudi: Norma UNI EN 10024.

Al fine di garantire l'identificazione e la rintracciabilità dei prodotti approvvigionati, le tubazioni dovranno essere marcate, sull'intera lunghezza di ciascun elemento e a intervalli non inferiori a 3 m, con i parametri definiti nel paragrafo 10 della Norma UNI EN 10210/1a. Di ogni partita di materiale consegnato dovranno essere conservate e rese disponibili alla DL le bolle di consegna e i certificati di prova.

Saranno prelevati campioni per prove meccaniche a carico dell'Appaltatore secondo le prescrizioni che la DL impartirà.

3.1.2 Profilati in acciaio

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei profilati impiegati dovranno essere conformi a quanto prescritto nei disegni di progetto.

Qualora la lunghezza di progetto superi le lunghezze standard di fabbricazione, o per motivate opportunità di messa in opera, i profilati dovranno essere giuntati; le giunzioni potranno essere saldate e/o imbullonate, realizzate con l'impiego di fazzoletti laterali.

Le giunzioni saranno dimensionate ed eseguite in conformità alle norme in vigore; le saldature dovranno essere eseguite da un operatore qualificato secondo la norma UNI EN ISO 9606.

Il tipo di giunzione scelta, prima di essere adottata, dovrà essere sottoposto a verifica statica della quale sarà fornita copia alla DL per approvazione.

3.1.3 Barre in acciaio speciale

Le barre dovranno essere in acciaio del tipo ad aderenza migliorata di qualità e caratteristiche conformi a quanto specificato nelle Norme Tecniche 17/01/2018 e successivi aggiornamenti.

È consentito, ove espressamente previsto dai disegni di progetto, l'impiego di barre in acciai speciali ed a filettatura continua ad alto limite di snervamento o simili.

Le caratteristiche di tali acciai dovranno essere certificate dal produttore e verificate in conformità alle Norme Tecniche 17/01/2018 e successivi aggiornamenti.

3.1.4 Elementi in vetroresina

Di norma i profilati in vetroresina dovranno essere a sezione circolare, piena o cava, con diametri variabili da 20 a 60 mm; sia in guisa di profilati ed elementi piatti o con geometria particolare: a doppio T, a U, prismatica. Per i profilati a sezione cava si richiedono spessori minimi non inferiori a 5 mm.

La superficie dei profilati dovrà essere del tipo ad aderenza migliorata, ottenuta mediante trattamento di filettatura continua o con apporto di materiale.

I profilati dovranno essere non giuntati per lunghezze fino a 15 m, mentre per lunghezze maggiori la giunzione dovrà essere ottenuta mediante manicotti di resistenza non inferiore a quella del tubo. Non saranno ammesse giunzioni incollate.

L'impiego di profilati con sezioni di geometria particolare (a doppio T, a U, prismatica) e di profilati piatti composti potrà essere consentito se previsto dal progetto e dopo verifica dell'efficacia da parte della DL.

I materiali utilizzati dovranno essere certificati dal produttore. Le caratteristiche minime richieste dovranno essere comprese entro i limiti fissati della seguente tabella:

CARATTERISTICHE	UNITÀ DI MISURA	MATRICE		NORME DI RIF.
		POLIESTERE	RESINA EPOSSIDICA	
Massa di volume	Kg/dm ³	16.5÷18.5	18.5÷19.5	UNI 7092/72
Contenuto di vetro in percentuale della massa	%	50÷70	60÷75	--
Resistenza a trazione	MPa	400÷650	> 800	UNI 5819/66
Resistenza a flessione	MPa	300÷600	> 750	UNI 7219/73
Resistenza al taglio	MPa	> 85	> 120	ASTM D 732
Resistenza a compressione	MPa	150÷300	> 450	UNI 4279/72
Modulo di elasticità	MPa	15000÷32000	35000÷42000	UNI 5819/66

3.1.5 Altri materiali

L'Appaltatore potrà proporre l'uso di armature composte con materiali differenti da quanto sopra indicato, fornendo alla DL, per la relativa eventuale approvazione, ogni necessaria documentazione tecnico/progettuale necessaria alla relativa qualificazione.

5 MODALITÀ ESECUTIVE

Di seguito si indicano le norme tecniche di base che l'Appaltatore dovrà osservare nella realizzazione dei consolidamenti; l'Appaltatore è comunque responsabile della qualità del prodotto finale fornito.

5.1 Prescrizioni generali

Tutti i sistemi dovranno permettere di realizzare trattamenti verticali o con inclinazioni come prescritte dal Progetto.

Numero e potenza delle attrezzature dovranno essere adeguati per rispettare il Programma Lavori e per raggiungere le profondità di progetto, fermo restando che sia il numero che la potenza delle attrezzature dovranno essere definite in modo tale da evitare effetti indesiderati (ad esempio innalzamenti) sulle preesistenze.

In linea di principio la sequenza operativa deve essere tale che la colonna in corso di esecuzione disti almeno 5 diametri dall'ultima eseguita.

Tale procedura è finalizzata a permettere la maturazione delle colonne già eseguite ed a mitigare il pericolo di comunicazioni fra la perforazione e/o l'iniezione in corso e le colonne già eseguite e ancora allo stato fluido o semi-fluido; l'Appaltatore è comunque obbligato a segnalare eventuali comunicazioni che venissero rilevate fra la colonna in corso e quante precedentemente eseguite (ribollii in superficie, parziali svuotamenti, ecc), circostanza che porterà a rivalutare la sequenza esecutiva adottata.

Nel caso di realizzazione di trattamenti con colonne jetting compenstrate, le colonne di chiusura del trattamento (colonne pari), poiché l'iniezione avverrà in un terreno già parzialmente impregnato, potranno dare luogo a rifluimenti maggiori. In questo caso, in corso d'opera, si valuterà l'opportunità di ridurre il volume unitario di miscela (ad esempio aumentando la velocità di risalita dell'eiettore), ma sempre con la garanzia che vi sia compenetrazione tra le colonne e che non si generino difetti nel trattamento a causa di tale riduzione.

5.2 Attrezzature

3.1.6 Attrezzature di perforazione

Prima di essere ammesse in cantiere tutte le attrezzature di perforazione dovranno ricevere l'approvazione della DL.

In ogni caso devono essere conformi a tutte le norme di sicurezza ed igiene del lavoro vigenti alla data di prima entrata in cantiere.

Per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche, esse dovranno rientrare nelle seguenti prescrizioni tecniche:

- la potenza necessaria potrà essere erogata da un motore diesel o elettrico, la cui scelta potrà essere anche funzione dell'ambiente operativo. In ambiente chiuso, quali pozzi e gallerie, sarà obbligatorio l'impiego di motore elettrico, salvo assicurare l'allontanamento dei gas di scarico entro tubazione; la trasmissione dell'energia dovrà avvenire per mezzo di un circuito oleodinamico;
- la giunzione e lo svitamento della batteria di perforazione dovranno avvenire per mezzo di apposite morse;
- tutte le attrezzature dovranno essere dotate di un'antenna di altezza appropriata che consenta, salvo particolari circostanze ostative ambientali e/o per lunghezza della colonna, l'iniezione della colonna jetting senza interruzioni dovute all'avvitamento/svitamento di aste nella batteria di perforazione;
- le leve di comando utilizzate dall'operatore dovranno essere servoassistite, con dispositivi parzializzatori e controllabili per mezzo di manometri ed apposite spie;
- ciascuna leva deve essere chiaramente identificata mediante targhetta di funzione del comando, con indicazione della direzione operativa;
- tutte le leve devono tornare automaticamente in posizione di folle in caso di rilascio e devono essere protette per impedirne l'involontario inserimento in caso di urti accidentali;
- la stabilizzazione dell'attrezzatura sull'asse di trattamento dovrà avvenire per mezzo di martinetti;
- l'attrezzatura dovrà essere semovente, dotata di cingoli o ruote a scelta dell'Appaltatore, ma comunque in grado di muoversi liberamente sul piano di lavoro disponibile sulle singole aree d'intervento;

- l'attrezzatura deve essere dotata di dispositivi d'emergenza immediatamente identificabili ed azionabili da terzi per l'immediato arresto in condizioni di emergenza;
- l'attrezzatura deve avere a corredo il manuale di funzionamento ed il catalogo ricambi.

L'attrezzatura deve essere in grado di garantire i limiti di tolleranza posti per la perforazione, impiegando la tipologia di aste, da 1 a 3 vie, prevista in funzione del trattamento da eseguire.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate non inferiori a 200 l/min e pressioni non inferiori ai 25 bar.

Generalmente in perforazione si utilizzeranno trilame e triconi quali elementi disgregatori, con eventuale impiego di fluido in pressione per facilitare l'avanzamento.

Nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo-foro si utilizzeranno compressori con caratteristiche di portata e di pressione adeguate alle prescrizioni di uso dei martelli perforatori adottati.

L'attrezzatura deve rispettare le prescrizioni dei regolamenti vigenti incluso quello comunale.

3.1.7 Attrezzatura di registrazione dei parametri di perforazione

Le attrezzature di perforazione dovranno essere predisposte per il rilevamento dei parametri di perforazione; il sistema dovrà essere al minimo in grado di acquisire e restituire, con continuità in funzione della profondità, i seguenti valori:

- spinta
- coppia
- velocità di avanzamento
- velocità di rotazione
- pressione e portata del fluido di perforazione.

L'attrezzatura di registrazione, preventivamente approvata dalla DL, dovrà prevedere il controllo dei valori su video installato accanto al quadro comandi dell'operatore, in modo da consentire a questi il controllo delle operazioni. Essa dovrà inoltre consentire la restituzione dei dati in formato digitale e stampato.

3.1.8 Impianto di preparazione miscele cementizie

Le miscele cementizie saranno confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico o semiautomatico, costituiti dai seguenti principali componenti:

- sili per cemento
- contenitori di additivi
- bilance elettroniche per componenti solidi;
- vasca volumetrica per acqua, o contaltri elettronici regolabili
- mescolatore primario ad elevata turbolenza (min. 1'500 giri/min);
- vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici per le miscele cementizie.

L'impianto dovrà essere dimensionato per la produzione dei quantitativi necessari sia per l'operatività dell'impianto di pompaggio, sia per il rispetto delle produzioni previste nel Programma Lavori.

L'impianto dovrà essere certificato nel funzionamento e nella taratura degli strumenti di misura ponderale e volumetrica; la verifica delle tarature potrà essere richiesta dalla DL con periodicità da questa prefissata e comunque ove le circostanze lo suggeriscano.

3.1.9 Impianto di pompaggio della miscela cementizia

La centrale di pompaggio si comporrà di pompe ad alta pressione per l'invio del fluido disgregante, di eventuali pompe a media pressione per l'invio della miscela cementante nel caso dell'impiego del sistema trifluido, e di compressori d'aria quando richiesta dal sistema di iniezione (sistemi bifluido e trifluido).

Le pompe di iniezione saranno ad alta pressione e dovranno essere dotate di appositi dispositivi automatici di sicurezza che, in caso di anomale sovra-pressioni, ne blocchino il funzionamento. Le loro caratteristiche dovranno essere comunicate dall'Appaltatore alla DL prima dell'inizio lavori.

Le pompe, dotate di dispositivi che consentano la regolazione della portata, dovranno essere provviste di manometri installati direttamente sulla mandata. Un ulteriore manometro dovrà inoltre essere installato alla perforatrice, sul dispositivo di raccordo tra i tubi ad alta pressione provenienti dalla pompa e quelli di adduzione della miscela alle aste di iniezione. I manometri, di primo impiego, dovranno essere sigillati e muniti di un certificato ufficiale di taratura non anteriore a 3 mesi. Successivamente, con frequenze minime mensili, o inferiori, i manometri dovranno essere verificati direttamente in cantiere con apposita attrezzatura

di taratura opportunamente certificata, o, a scelta dell'Appaltatore, in un laboratorio esterno di gradimento della DL. Alle operazioni di verifica potrà assistere un responsabile della DL, che comunque dovrà essere informato delle tarature in corso.

Le pompe dovranno essere dotate di dispositivi che consentano la regolazione della portata; le stesse dovranno garantire, a regime, la normale erogazione di fluido ai seguenti livelli di prestazione:

- pressione di pompaggio fino a 600 bar
- portata di pompaggio fino a 600 l/min

3.1.10 Linee di jet-iniezione

Tutte le linee di jet-iniezione e tutti i componenti di ciascuna di esse (tubazioni, raccorderia, manometri, guarnizioni, eccetera) devono essere idonei a sopportare la pressione massima di impiego prevista pari a 600 bar.

Le linee di convogliamento dei fluidi di iniezione dovranno rispettare i requisiti specifici connessi con le pressioni impiegate:

- gli angoli saranno arrotondati;
- le connessioni andranno incatenate fra loro;
- la condotta andrà fissata ad intervalli spaziali contenuti a punti non amovibili;
- dovranno essere dotate di appositi fusibili di sicurezza, completi di protezione, che entrino in funzione in caso di superamento di predeterminati valori della pressione in linea;
- dovranno essere di diametro idoneo ad evitare eccessive perdite di carico.

I punti operativi (centrale di pompaggio e perforatrice) saranno in comunicazione radio-telefonica, prevedendosi segnalazioni sonore di chiamata adeguate alla rumorosità degli impianti.

3.1.11 Attrezzature di jet-iniezione

Tale attrezzatura è costituita dalla medesima batteria di aste portate dal braccio di perforazione, movimentate nel corso della perforazione ed impiegate per l'adduzione del fluido di perforazione.

Le attrezzature di jet-iniezione dovranno essere munite di dispositivi atti a regolare la velocità di risalita tramite temporizzatore od altro idoneo dispositivo che determini una risalita continua, od a scatti uniformi (3÷5 cm) a intervalli prestabiliti; il sistema di risalita dovrà comunque garantire la continuità della colonna resa.

La parte inferiore dell'antenna dovrà essere provvista di evidenti contrassegni posti ad interasse di 10 cm (in prossimità delle aste per una lunghezza totale di almeno 100 cm) allo scopo di poter effettuare un controllo visivo cronometrato della velocità di risalita.

È richiesta, giornalmente, la verifica dello stato di usura degli ugelli e dei loro diametri nominali ed il controllo dell'efficienza dei giunti della batteria di iniezione.

3.1.12 Sistema di acquisizione dei parametri di jet-iniezione

Le attrezzature di jet-iniezione dovranno essere dotate di sistema automatico di registrazione e restituzione dei parametri principali di jet-iniezione, ed almeno dei seguenti:

- portate e pressioni di iniezione dei fluidi, a seconda della tecnologia prescelta (mono, bi, tri fluido);
- velocità di estrazione del monitor o tempo di stazionamento per ciascuno step;
- velocità di rotazione del monitor;
- volume della miscela iniettata per colonna.

I dati acquisiti dovranno essere riportati graficamente in diagrammi singoli in scala che ne consentano un'agevole interpretazione. Alla DL verranno forniti giornalmente sia le restituzioni grafiche cartacee sia i supporti informatici dei dati acquisiti, con programma interpretativo se necessario.

La centralina del sistema di acquisizione dati dovrà essere integrata con software per la combinazione dei dati di tutti gli assi trattati e rappresentazione grafica piana e spaziale con relativa restituzione grafica dei dati.

5.3 Modalità operative

5.3.1 Perforazione

Le perforazioni dovranno essere eseguite con gli utensili più appropriati alle caratteristiche dei terreni da attraversare; si dovrà considerare anche la probabile diffusa presenza di "puddinga" e terreno cementato. La perforazione potrà essere eseguita direttamente tramite la batteria di jet-iniezione. Essa sarà munita di appositi dispositivi che, una volta raggiunta la profondità richiesta, consentiranno di avviare la fase d'iniezione senza operare sostituzioni.

La batteria è portata da sonda a rotazione o rotopercolazione; la perforazione avviene con o senza rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto

A scelta ed a carico dell'Appaltatore, potranno essere eseguiti dei prefiori con attrezzatura anche distinta.

La scelta del sistema di perforazione è, in funzione del tipo di terreno, di esclusiva responsabilità dell'Appaltatore; la DL potrà richiedere l'adozione di sistemi di perforazione che minimizzino il disturbo arrecato al terreno ed all'ambiente circostante in termini di polveri, rumore e vibrazioni.

Il fluido di perforazione, utilizzato per la lubrificazione dell'utensile e per l'asportazione dei detriti, sarà funzione della tecnologia prescelta e dovrà comunque consentire di operare nel pieno rispetto dell'ambiente. Raggiunta la profondità prevista nel progetto e prima di passare alla fase d'iniezione, verrà occlusa l'uscita del fluido di perforazione utilizzando il sistema prescelto dall'Appaltatore (lancio della biglia, valvola a pressione differenziale, ecc.), convogliando la miscela d'iniezione attraverso gli ugelli laterali predisposti per la idro-demolizione del terreno.

Il metodo di perforazione utilizzato deve essere tale da consentire, durante il trattamento "jet-grouting", la continua risalita del fluido a boccaforo. Nel caso questo non avvenga a causa di franamento delle pareti del foro, l'Appaltatore dovrà sospendere il trattamento ed adottare i rimedi necessari; per esempio l'Appaltatore potrà provvedere alla posa di un rivestimento, il quale dovrà essere rimosso e recuperato contemporaneamente all'estrazione della batteria in fase d'iniezione.

5.3.2 Jet-iniezione

La jet-iniezione dovrà avere inizio immediatamente dopo il completamento della perforazione.

Il livello di energia specifica di disgregazione e il contenuto specifico di cemento da adottare per la formazione delle colonne di progetto, e conseguentemente i parametri di jet-iniezione, dovranno essere preventivamente definiti dall'Appaltatore mediante specifico campo prova.

I processi di jet-iniezione sono governati dai seguenti fattori:

- pressione **p** del fluido disgregante
- utilizzo di fluido convogliatore del getto del fluido disgregante
- velocità **v** di risalita dell'eiettore
- velocità **w** di rotazione dell'eiettore
- numero e sezione degli ugelli: area **A_u**
- densità della miscela **g_{mix}**

Questi fattori possono essere utilizzati per definire:

- la velocità di eiezione del getto $v_j = c \times h_g \times (p / g_{mix})^{0.5}$
- la portata $Q = v_j \times A_u$
- il volume di iniezione $V_j = Q \times Dt$

Le dimensioni medie della colonna (diametro D_c), ovvero il volume della stessa ($V_c = \pi/4 D_c^2$), dipendono dal volume V_j e dal "rendimento" η dell'iniezione:

$$V_c = \eta V_j$$
$$D_c = \eta (4 V_j / \pi)^{0.5}$$

Il rendimento η dipende soprattutto dalle caratteristiche granulometriche del terreno da trattare, decrescendo con l'addensamento e la coesione dei terreni da trattare.

Nel procedimento la pressione d'iniezione p viene trasformata integralmente in velocità di eiezione v_j , in accordo alla legge di Bernoulli:

$$v_j = [2g (p / \gamma_{mix} + H - DH)]^{1/2}$$

e pertanto l'iniezione non provoca significative variazioni delle pressioni efficaci, a meno che in terreni coesivi teneri sotto falda.

Nella definizione dei parametri operativi della jet-iniezione si dovrà tenere conto:

- della finalità dell'intervento
- delle condizioni stratigrafiche del sito
- delle relazioni che intercorrono fra i valori di portata e di pressione dell'iniezione ed il diametro delle colonne.

L'Appaltatore potrà eventualmente prevedere una fase di prelavaggio (ad acqua) al fine di migliorare la resa dimensionale delle colonne.

Dal punto di vista operativo si prescrivono inderogabilmente le seguenti accortezze:

- in caso di interruzione (accidentale o programmata) dell'iniezione, si prescrive di far ripartire l'iniezione almeno 50 cm al di sotto della quota di interruzione, dopo aver eliminato l'eventuale inconveniente;
- in caso di smontaggio della batteria di jet-iniezione, accidentale o programmato, saranno assunte le seguenti precauzioni:
 - l'alimentazione deve essere interrotta alla centrale di pompaggio
 - il monitor recante l'ugello deve rimanere all'interno della perforazione
 - l'operazione deve essere autorizzata dalla centrale di pompaggio.
- la jet-iniezione deve essere avviata/interrotta ad almeno 50 cm dalla superficie operativa.

5.3.3 Materiale refluo

Durante la fase di jet-iniezione dovrà sempre essere garantito il libero efflusso del refluo a bocca foro, fondamentale sia per la buona riuscita del trattamento in termini dimensionali, sia per evitare effetti indotti negativi sulle preesistenze.

Particolare attenzione dovrà essere posta nell'osservazione del materiale refluo risalente in superficie nel corso della jet-iniezione:

La risalita del refluo dovrà essere assolutamente continua; una eventuale interruzione può implicare:

- la perdita del fluido attraverso non previste vie di fuga, p.e. scantinati attigui, ed il conseguente mancato riempimento della colonna scavata
- la strozzatura della via di risalita con conseguente, immediato, non voluto, ed altamente rischioso, incremento delle pressioni efficaci e rischi di sollevamento per gli edifici attigui.

Qualora si dovesse verificare un'interruzione del flusso di refluo, la jet-iniezione dovrà essere immediatamente sospesa e dovranno essere adottate tutte le misure necessarie per il suo ripristino prima della ripresa del trattamento.

Il materiale refluo è l'unico indicatore della riuscita delle operazioni in corso: colore e quantità forniscono indicazioni sulla efficacia del trattamento; tali valutazioni dovranno essere riportate sul rapportino del sondatore e sulla scheda finale della colonna realizzata. A richiesta della DL, l'Appaltatore preparerà delle vasche di raccolta per la cubatura del refluo di colonne prescelte.

Dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti necessari per contenere la dispersione del refluo sulla superficie e nell'ambiente circostante. Dovrà quindi sempre essere realizzata una (o più) fossa(e) impermeabile(i) atta(e) a raccogliere ogni residuo di perforazione e di jet-iniezione.

Dovranno inoltre essere adottati tutti gli accorgimenti necessari per la gestione e lo smaltimento del refluo in accordo con la normativa vigente.

5.4 Trattamenti di realizzazione di colonne di jet-grouting dall'interno della galleria

La geometria dei trattamenti in galleria prevede la proiezione degli assi dal limite periferico del fronte di scavo con inclinazione divaricante (6÷10%) rispetto all'asse di futuro scavo, sino a sviluppare superiormente una superficie troncoconica sub-orizzontale.

Fra successivi interventi di preconsolidamento si prevedrà un opportuno valore di sovrapposizione, secondo indicazioni di progetto e tipicamente almeno di 2 metri.

Dal punto di vista statico, si affida a tale superficie consolidata ed estradossata allo scavo il compito di sostenere le spinte del terreno sovrastante con i molteplici obiettivi di:

- alleviare la pressione sul nucleo di scavo, evitando franamenti di questo e, in conseguenza, possibili sfornellamenti del masso sovrastante;
- conservare quanto possibile inalterato lo stato tensionale degli ambiti non direttamente interessati dallo scavo, preservandone le caratteristiche tensionali in essere e quindi limitando le future pressioni sulle opere di sostegno sia provvisorio (centine e spritz) che definitivo (rivestimento definitivo).

La lunghezza di siffatti trattamenti risulta funzione di diversi fattori ed opportunità, fra cui si citano:

- la lunghezza utile del braccio della sonda utilizzata, comunemente chiamata "posizionatore" e normalmente garantente l'eseguibilità in unica manovra di elementi di almeno 10 metri di lunghezza; si esclude l'uso di sonde a braccio corto che non consentano l'unicità di manovra, e, nella specie, di quella di jet-iniezione;
- l'organizzazione di cantiere al fine di ottimizzare il processo di scavo e la relativa tempistica: ove necessario si dovrà prevedere l'alternanza al fronte delle squadre di scavo e quelle dei consolidatori.

5.4.1 Colonne jet-grouting

La tipologia di jet prescelta per tali applicazioni è quella del jet monofluido, più idoneo di altre tecnologie all'applicazione in avanzamento da fronte perché riduce il rischio di instabilità del fronte stesso.

Di norma la jet-iniezione sarà eseguita in estrazione della batteria di perforazione ed iniezione e sarà arrestata a pochi decimetri dal tampone per evitare sovra-pressioni a tergo del medesimo tampone, oltre che per ragioni di sicurezza.

a- Interesse e geometria

Salvo diverse prescrizioni, le colonne dovranno essere in ogni punto del loro sviluppo compenetrare con le colonne adiacenti.

b- Schema statico

La compenetrazione tra colonne è finalizzata all'ottenimento di una fascia continua di terreno consolidato in grado di raccogliere i pesi sovrastanti e, con funzionamento statico "ad arco", di scaricarli negli ambiti fondazionali del medesimo arco.

c- Predisposizione del fronte di attacco

Il fronte di attacco sarà predisposto con apposito tampone: ove non risultino maggiori necessità il tampone dovrà essere realizzato con spritz beton e doppia maglia di armatura per uno spessore totale continuo di almeno 20 cm.

Al piede del fronte verrà predisposta una canaletta di raccolta dei detriti di perforazione e dei copiosi reflui di jet-iniezione per un ordinato invio all'esterno della galleria o ad un pozzetto di raccolta, sedimentazione e pompaggio all'esterno.

d- Tracciamento

Il corretto tracciamento dell'asse di perforazione costituisce un aspetto determinante della riuscita del trattamento; tale operazione consta di due differenti fasi e momenti operativi:

- il punto di attacco perforazione sul fronte sarà marcato dai topografi in forma indelebile sul tampone;
- l'asse di perforazione sarà quindi determinato univocamente in avanzamento dal punto tracciato e, sul retro della sonda, mediante proiezione di raggio "LASER"; in assenza di tale tecnica si prescrive obbligatoriamente la presenza fissa della squadra dei topografi in fase di inizio perforazione ed in fase di armamento del micropalo.

e- Posa armatura

Il progetto dell'intervento specificherà la necessità, o meno, di armare le colonne.

In caso che l'armatura sia prevista, l'Appaltatore proporrà la propria tecnica di messa in opera fra le varie possibili, salvo diverse prescrizioni progettuali in merito:

- armatura apposita messa in opera immediatamente dopo l'estrazione delle aste di perforazione a colonna "fresca";
- armatura apposita messa in opera in perforazione successiva alla esecuzione della colonna;
- utilizzo della batteria di perforazione ed iniezione come armatura a perdere unitamente al corredo terminale di jet-iniezione.

f- Riempimento colonna

L'Appaltatore dovrà garantire che non avvengano fenomeni di svuotamento delle colonne da boccaforo, e ciò anche in caso sia previsto l'inserimento di armatura; comprovandolo con sperimentazioni preliminari, l'Appaltatore specificherà preventivamente il sistema che intende adottare, sottoponendolo all'approvazione della DL:

- predisposizione di tappi da inserire sul tampone;
- accorgimenti sulle miscele pompate;
- uso di sistema "PREVENTER".

5.5 Trattamenti di preconsolidamento dalla superficie

Il preconsolidamento dall'esterno potrà essere eseguito con le differenti tecniche di consolidamento, attraverso iniezioni classiche o attraverso colonne jet-grouting, comunque in osservanza alle indicazioni del progetto. Nel presente capitolo si fa riferimento a consolidamenti ottenuti mediante trattamenti jet-grouting. La geometria di trattamento prevede la realizzazione di tappi di fondo e di fasce consolidate estradossate alla sezione di successivo scavo della galleria naturale, scavo da eseguire in tradizionale (compresi i cunicoli di collegamento tra i pozzi di ventilazione e la galleria di linea) o in meccanizzato.

Per le gallerie scavate con metodo tradizionale, tale fascia consolidata potrà inviluppare l'intero contorno dello scavo, o essere limitata, secondo differenti esigenze di progetto, ad una parte del contorno, quale ad esempio la sola calotta o il solo arco rovescio.

La fascia di consolidamento sarà ottenuta mediante la compenetrazione di colonne jet grouting realizzate dalla superficie, possibilmente in verticale. Per la Gallerie scavate con metodo tradizionale ove le condizioni di ingombro del piano campagna non consentano accessi indiscriminati, le iniezioni potranno essere realizzate dalle postazioni possibili con i cosiddetti trattamenti a capanna; in tale ultimo caso gli assi di consolidamento dovranno essere necessariamente inclinati, con conseguente limitazione delle scelte tecnologiche, ove determinate tecniche di consolidamento non risultino eseguibili da assi significativamente inclinati.

Dal punto di vista funzionale, si affidano alla fascia di terreno consolidato vari compiti, quali:

- trattamenti in calotta:
 - sostenere le spinte del terreno sovrastante;
 - alleviare la pressione sul nucleo di scavo, evitando franamenti di questo e, in conseguenza, possibili sfornellamenti del masso sovrastante;
 - conservare quanto più possibile inalterato lo stato tensionale degli ambiti non direttamente interessati dallo scavo, preservandone le caratteristiche tensionali in essere e quindi limitando le future pressioni sulle opere di sostegno sia provvisorio (centine e spritz) che definitivo (rivestimento definitivo);
 - limitare le percentuali di volume perso di scavo;
- trattamenti sull'arco rovescio:
 - impedire le comunicazioni idrauliche in presenza di falda;
 - ripartire il peso della galleria e dei carichi gravanti su una larghezza fondazionale maggiore;
- trattamenti integrali del perimetro di scavo:
 - tutti gli obiettivi già citati;
 - sicurezza e rapidità di scavo.
- Trattamenti per tappi di fondo
 - Migliorare le caratteristiche fisiche e meccaniche del terreno naturale a fondo scavo per garantire un'adeguata stabilità alle opere di sostegno;
 - impedire le comunicazioni idrauliche in presenza di scavi sotto falda.

Di seguito si riportano indicazioni specifiche per l'esecuzione di tecnologie jet grouting nell'ambito progettuale in oggetto.

a) Campo prove

Si rimanda a quanto riportato al paragrafo 3.7 della Sezione Introduttiva.

b) Controlli topografici

Si specifica l'obbligatorietà di un rigido controllo topografico del lavoro eseguito.

Si richiama l'attenzione sulle conseguenze che un non corretto posizionamento, o una deviazione dalla corretta posizione, o una inesatta lunghezza di trattamento possono implicare:

- locale mancato funzionamento statico ad arco della fascia consolidata in calotta, con conseguente rischio di collasso e sfornellamento in fase di scavo della galleria;
- nel caso in cui il consolidamento abbia interessato l'intero perimetro di scavo, viene inoltre a mancare l'equilibrio statico per simmetria strutturale e di carico;
- impreviste venute di acqua e conseguenti sifonamenti.

In vista dei possibili rigonfiamenti che tali tecniche possono indurre nell'ambito circostante, si prescrive un accurato monitoraggio delle preesistenze insistenti sull'area interessata, al fine di individuare immediatamente ogni eventuale insorgenza di fenomeni di sollevamento.

6 CONTROLLI DI QUALITÀ

6.1 Generalità

L'Appaltatore dovrà redigere - e sottoporre all'approvazione della DL almeno 30 giorni prima del previsto inizio della lavorazione - il documento; "PIANO DI QUALITÀ DI COSTRUZIONE E INSTALLAZIONE – "CONSOLIDAMENTI – JET GROUTING".

Il piano di qualità di costruzione e installazione (PQCI) sarà redatto sulla base dell'indice generale e relativi contenuti indicati nell' ALLEGATO 1 al presente CSA – Parte B.

Le prove ed i controlli sono a carico dell'Appaltatore e saranno eseguiti in conformità al PROGRAMMA DELLE PROVE E DEI CONTROLLI contenuto nel PQCI.

Di seguito si forniscono le norme tecniche di base che l'Appaltatore dovrà osservare nella esecuzione dei controlli del proprio operato; l'Appaltatore resta comunque responsabile della qualità del prodotto finale, che sarà accettato solo ove rispondente ai seguenti criteri:

- rispondenza ai criteri di tolleranza già specificati;
- rispondenza delle colonne alle caratteristiche meccaniche specificate nelle tavole di progetto;
- assenza di difetti evidenziati dall'autocontrollo dell'Appaltatore, o rilevati dalla DL, o rilevati dalle prove eseguite, od infine emersi in fase di scavo.

6.2 Controlli

Prima e durante i lavori dovranno essere eseguiti i seguenti controlli:

- a) determinazione, anche localmente, delle caratteristiche geologiche e geotecniche del terreno da trattare nel campo prove;
- b) messa a punto del sistema attraverso campo prove;
- c) definizione delle caratteristiche meccaniche del terreno consolidato nel campo prove, con prove eseguite in sito e in laboratorio;
- d) controlli in corso di esecuzione e finali sull'intervento.

6.3 Campo prove

Si rimanda a quanto riportato al paragrafo 3.7 della Sezione Introduttiva.

6.4 Controlli preliminari ed in corso d'opera

6.4.1 Impianti e parametri operativi

L'Appaltatore dovrà verificare l'efficienza degli impianti nel loro complesso e provvedere alle tarature preliminari di tutti i parametri operativi.

Miscela cementizie

I controlli da effettuarsi in fase preliminare riguardano, per ogni tipo di cemento da utilizzare:

(a) **il peso specifico dei grani del cemento**

(b) **la densità iniziale della miscela con rapporto cemento/acqua prescelto per l'uso**

La misura del peso di volume deve essere eseguita mediante bilancia Baroid, secondo modalità riportate dalle raccomandazioni API-RP13B citate alla sezione "Normative".

Sono da escludersi altre modalità che non garantiscano il grado di accuratezza sopra citato.

Il risultato della misura deve essere quindi analizzato confrontandolo con il dato fornito dal laboratorio, ammettendo un campo di variabilità massimo di ± 20 g/l. Qualora si registrassero divergenze di ordine superiore, si dovrà effettuare una verifica dei dispositivi di dosaggio dei componenti.

(c) **la densità secca finale della stessa miscela una volta indurita**

(d) **la viscosità**

La viscosità viene normalmente controllata, subito dopo il prelievo, con l'imbuto di Marsh, ossia un recipiente tronco-conico con seguenti dimensioni:

- diametro alla base superiore 152 mm
- altezza del tronco di cono 305 mm

▪ base inferiore costituita da un ugello di diametro interno 4,76 mm ed altezza 50,8 mm
Il cono ha una capienza di 1,5 litri, con relativa taratura; la prova viene eseguita riempiendo il cono con miscela, previa filtratura, e misurandone il tempo di deflusso, in altro contenitore graduato, di 1,0 litri.

(e) il processo di sedimentazione (o decantazione) mediante misure progressive dell'evoluzione fino a stabilizzazione.

La determinazione (c) consente di valutare, in associazione a (b), il contenuto di acqua evaporabile e, in raffronto al contenuto totale noto, il rapporto acqua/cemento non evaporabile; tale parametro sarà utile nelle elaborazioni interpretative dei dati sperimentali finali sui campioni di terreno consolidato, per stimarne la composizione.

Il controllo (e) sarà eseguito in cilindri graduati da 1 litro, esprimendo il decorso della decantazione nel tempo, in termini di % di acqua libera.

Le determinazioni (b), (c), (d) ed (e) saranno inizialmente eseguite su campioni confezionati accuratamente in laboratorio in modo da fornire dati basilari di riferimento per i successivi controlli.

Le stesse determinazioni saranno quindi ripetute su campioni di miscela confezionata con l'impianto di cantiere prima dell'inizio del trattamento jet-grouting.

Nell'eventualità di sensibili divergenze dai dati di riferimento su miscele confezionate in laboratorio, se ne dovranno accertare le motivazioni e provvedere di conseguenza.

(f) altre prove

L'Appaltatore dovrà inoltre disporre sul cantiere della attrezzatura per eseguire le seguenti ulteriori misure e prove, a richiesta della DL, od appoggiarsi a laboratorio prove esterno:

- temperatura
- basicità con cartine reagenti Tornasole o misuratore di pH portatile, misurando il pH dell'acqua libera ottenuta dalla prova di pressofiltrazione
- viscosità apparente (Rheometer)
- tempo di presa

6.4.2 Controlli e documentazione miscele di iniezione

Le miscele confezionate in cantiere saranno di norma sottoposte ai seguenti cicli di controllo su campioni prelevati alla centrale di miscelazione:

- | | |
|-----------------------------------|-------------------|
| - peso specifico | 4 volte al giorno |
| - viscosità Marsh | 4 volte al giorno |
| - decantazione o resa volumetrica | 2 volte al giorno |
| - tempo di presa | 1 volta/settimana |

Inoltre, sul materiale refluo sarà effettuato:

- | | |
|---|---|
| - il prelievo di campioni per determinazione peso specifico, analisi granulometrica e resistenza a compressione | 2 prelievi di coppie di provini al giorno |
|---|---|

La DL potrà cambiare la frequenza dei controlli a propria valutazione di opportunità.

I cicli di controllo dovranno essere documentati giornalmente in una apposita tabella, dove saranno specificati:

- data ed ora del prelievo;
- tipo del prelievo;
- valori riscontrati;
- anomalie riscontrate ed eventuali sistemi correttivi adottati;
- numero di identificazione dei provini prelevati;
- nome del responsabile che ha eseguito il prelievo;
- eventuale presenza di rappresentanti della DL.

Tipo e frequenza delle prove potranno essere aumentate su richiesta della DL.

I cubetti, da sottoporre con frequenza settimanale a prove di resistenza cubica a compressione, avranno dimensioni minime di 7 cm di lato.

L'Appaltatore eseguirà i controlli e le prove richieste nei tempi prestabiliti, a sua cura e spese, presso un laboratorio esterno ufficiale o direttamente in cantiere, con personale proprio opportunamente addestrato e dotato di tutte le attrezzature necessarie, installate in un apposito ambiente adibito a laboratorio.

La scelta del laboratorio dovrà essere autorizzata ed approvata dalla DL, la quale comunque ha la facoltà di far verificare da un laboratorio esterno, di suo gradimento ed esclusivamente a spese dell'Appaltatore, alcune delle prove eseguite nel laboratorio di cantiere, confrontandone i risultati.

I risultati saranno documentati con rapporti tecnici a frequenza massima settimanale, salvo l'obbligo di segnalare tempestivamente ogni anomalia misurata e/o riscontrata.

Detta documentazione, unitamente ai rapporti di produzione, sarà ritenuta indispensabile ai fini della contabilizzazione del lavoro eseguito.

6.4.3 Controlli sulle linee di iniezione

La taratura delle cadute di pressione su ciascuna linea di iniezione di lunghezza misurata deve essere eseguita su ciascuna linea, perfettamente identificata mediante riscontri inamovibili, per differenti valori di portata, con periodicità almeno **settimanale**.

Il rapportino di taratura sarà consegnato alla DL ed i valori di pressione successivamente letti sulla stessa linea saranno depurati della "perdita" o caduta misurata.

La taratura deve essere comunque ripetuta in caso di modifiche, sostituzioni ed intasamenti della linea o di semplici sue componenti.

La mancata taratura di linee di iniezione non consentirà l'ammissione a contabilità di iniezioni eseguite con detta linea.

È richiesta, giornalmente, la verifica dello stato di usura degli ugelli e dei loro diametri nominali ed il controllo dell'efficienza dei giunti della batteria di iniezione.

6.4.4 Controlli in perforazione

Nel corso delle perforazioni saranno registrati in automatico almeno i seguenti parametri di perforazione su maglia indicativa di 10*10 colonne:

- spinta
- coppia
- velocità di avanzamento
- velocità di rotazione
- pressione del fluido di perforazione.

I valori registrati saranno restituiti in diagrammi rappresentativi e consegnati giornalmente, corredati di supporto informatico, alla DL

6.4.5 Controlli in iniezione

Tutte le colonne eseguite saranno monitorate al fine di fornire i diagrammi temporali dei seguenti parametri:

- portate e pressioni di iniezione dei fluidi, a seconda della tecnologia prescelta (mono, bi, tri fluido)
- velocità di rotazione e di risalita del monitor
- volume della miscela iniettata

I valori registrati saranno restituiti in diagrammi rappresentativi e consegnati giornalmente alla DL, corredati del supporto informatico.

6.4.6 Controlli sul materiale refluo

Saranno eseguiti controlli periodici sia quantitativi che qualitativi del materiale rifluito durante l'esecuzione delle colonne, anche a richiesta della DL. Tale controllo sarà comunque attuato nella fase preliminare dedicata al campo prove.

Dietro richiesta della DL, saranno prelevati campioni di materiale refluo per l'esecuzione delle seguenti prove:

- catalogazione e descrizione;
- determinazione del peso specifico;
- analisi granulometrica;
- resistenza a compressione.

Sul terreno circostante la zona di trattamento dovrà essere installata una rete di capisaldi, atta ad individuare qualsiasi tipo di movimento che potrebbe essere indotto durante l'esecuzione della jet-iniezione. In particolare, in presenza di edifici e/o di opere d'arte, fognature, oleodotti, gasdotti, ecc., durante i trattamenti i controlli dovranno essere svolti con frequenza giornaliera. In caso di accertati sollevamenti e danneggiamenti i controlli dovranno essere svolti con frequenza maggiore ed anche oraria, in funzione dell'importanza dell'opera e della sua potenziale pericolosità/criticità.

6.5 Prove di laboratorio

Le prove prescritte saranno eseguite su tutti i campioni, carotati e/o prelevati dal materiale refluo, ed inviati al laboratorio; in caso di buona stabilizzazione dei risultati e di assenza di anomalie geologiche, la DL potrà rivedere le frequenze di prova, pur comunque conservandosi l'obbligatorietà dei prelievi e della conservazione dei campioni per ogni futura necessità.

a. Preparazione dei provini

I provini ricevuti dal cantiere saranno conservati in ambiente umido fino alla data prevista di prova. Si procederà quindi alla sformatura.

b. Caratteristiche volumetriche

Su ogni provino si determina il peso di volume naturale.

c. Prove di compressione semplice

Le prove vengono eseguite a velocità di deformazione controllata, in ragione di 0,5 mm/min, con lettura e registrazione della pressione e della deformazione ogni 0,1 mm fino a rottura ed oltre se possibile.

Di norma si opera su coppie di provini, alla seguente età di stagionatura :

- 7 giorni
- 14 giorni
- 28 giorni

d. Altre prove

Potranno essere richieste, in funzione delle finalità del progetto, altri tipi di prova quali :

- prove triassiali
- prove di permeabilità diretta

e. Elaborazione dei dati sperimentali

Dai dati sperimentali si eseguiranno le elaborazioni per ottenere :

- curve sforzi-deformazioni p/δ
- resistenze alla compressione R_c
- modulo tangente iniziale (elastico) E'
- modulo secante a rottura (elasto-plastico) E_f

f. Giudizio dei dati sperimentali

I dati sperimentali vanno confrontati con quelli richiesti dal progetto.

6.6 Controlli finali

Completato l'intervento, l'idoneità dello stesso dovrà essere verificata per mezzo di prelievi di carote continue per l'intera lunghezza della colonna, al limite del diametro minimo richiesto.

Il centro del carotaggio dovrà essere posizionato a una distanza dal centro della colonna pari al raggio della colonna stessa meno 10 cm. I carotaggi dovranno essere eseguiti con doppio carotiere con almeno 100 mm di diametro nominale della carota estratta, prevedendo anche l'impiego di utensili diamantati.

Per le colonne compenstrate il carotaggio dovrà avvenire in corrispondenza della zona di compenetrazione.

Il numero dei prelievi dovrà essere non inferiore al 1÷2% delle colonne eseguite.

La percentuale di carotaggio estratto non dovrà risultare inferiore all'85% della lunghezza teorica della colonna e il recupero percentuale modificato (RPM) non dovrà essere inferiore al 50%.

Qualora la lunghezza carotata risultasse complessivamente inferiore all'85% della lunghezza teorica della colonna o si rivelasse non perfettamente compatta e/o omogenea, la DL avrà facoltà di richiedere all'Appaltatore l'esecuzione di ulteriori prove, che saranno eseguite anch'esse a cura e spese dell'Appaltatore stesso, anche mediante il coinvolgimento di laboratori esterni e/o ditte qualificate, scelte dall'Appaltatore ed approvate dalla DL.

Qualora i risultati ottenuti evidenziassero delle discontinuità nel trattamento eseguito, l'Appaltatore dovrà sottoporre alla DL una proposta operativa atta a risanare la zona ritenuta inaccettabile. Eseguita l'integrazione, sulla zona saranno ripetute le prove necessarie per verificarne l'idoneità.

Su campioni scelti dalla DL, ricavati dal predetto carotaggio continuo, e da preparare in laboratorio, con altezza pari a 1.0-1.25 volte il diametro della carota, dovranno essere eseguite le prove di compressione monoassiale, dalle quali si dovranno ottenere valori di resistenza cilindrica a rottura non inferiori al 95% della media dei valori riscontrati nelle carote prelevate dal campo prova.

Qualora vengano richieste delle prove di permeabilità, nel caso di trattamenti per realizzare cortine impermeabili, il valore del coefficiente di permeabilità ottenuto dovrà risultare inferiore al limite imposto dal progetto, e comunque mai superiore a 1×10^{-6} m/s

Resistenze inferiori a quelle minime previste e/o valori di permeabilità superiori al valore limite richiesto determineranno l'inaccettabilità della colonna.

In tal caso l'indagine verrà estesa ad ulteriori colonne limitrofe per individuare la serie di colonne inaccettabili, che dovrà essere sostituita da una serie costruita in adiacenza.

Le carote estratte da ciascun sondaggio dovranno essere stoccate e conservate in apposite cassette. Ogni carotaggio eseguito dovrà essere corredato dalla seguente documentazione:

- descrizione stratigrafica con valutazione visiva della qualità delle carote estratte;
- indicazione della percentuale di carotaggio ottenuta;
- indicazione del recupero percentuale modificato (RPM);
- indicazione della lunghezza degli spezzoni di carota estratta;
- individuazioni di eventuali inclusioni di materiale non trattato e relativa valutazione percentuale.

Qualora le colonne di terreno consolidato vengano eseguite al fine di creare una fascia di terreno consolidato all'estradosso delle pareti di scavo in galleria, al fine di verificare, in sito, l'efficacia del trattamento medesimo, dovrà essere eseguita nel nucleo da scavare, una colonna consolidata della lunghezza utile di 4 m ogni 300 m o frazione di colonne consolidate eseguite.

6.7 Documentazione finale

Per ciascuna colonna l'Appaltatore dovrà fornire alla DL, entro i tempi previsti (24÷36 ore dalla data di esecuzione della colonna), un rapporto riportante le seguenti informazioni:

- diagrafie dei parametri di perforazione, registrati in automatico;
- diagrafie dei parametri di jet-iniezione, registrati in automatico;
- n° e diametro degli ugelli;
- caratteristiche e controlli sulla miscela:
composizione;
densità;
viscosità;
decantazione.

Inoltre, durante l'esecuzione del campo prova e in tutti i casi in cui vengano richiesti dalla DL:

- materiali reflui:
valutazione visiva di colorazione, composizione e quantità;
analisi eseguite;
- controlli visivi in caso di scavo a ridosso della colonna:
rilievo fotografico e geometrico;
- carotaggi e campionamenti di colonna:
descrizione, numerazione ed ubicazione prelievi;
analisi di laboratorio;
rilievo fotografico;
- carotaggi e campionamenti di terreno attiguo:
descrizione, numerazione ed ubicazione prelievi;

- analisi di laboratorio.

La presentazione della suddetta documentazione autorizzerà la contabilizzazione delle quantità eseguite nei termini contrattuali. Tutta la documentazione dovrà essere consegnata su carta e su supporto magnetico, redatta con i programmi di scrittura e di calcolo più comuni.

Qualora la DL fosse sprovvista del programma, l'Appaltatore dovrà metterne a disposizione una copia ufficiale.

SEZIONE 9 B – INIEZIONI

1. DEFINIZIONI

1.1 Generalità

Le presenti Specifiche Tecniche riguardano l'esecuzione di iniezioni per il consolidamento e l'impermeabilizzazione di terreni e rocce.

Dette specifiche si limitano a trattare le iniezioni eseguite attraverso canne valvolate utilizzando i seguenti prodotti di iniezione:

- miscele cementizie stabili;
- miscele con cementi microfini stabili;
- prodotti chimici.

Nella esecuzione di tali tecniche di consolidamento si farà riferimento alle leggi, normative e raccomandazioni in vigore.

1.2 Finalità

Le iniezioni costituiscono una tecnica atta a modificare le caratteristiche meccaniche (resistenza e deformabilità) e le caratteristiche idrauliche (permeabilità) sia di terreni porosi e di rocce fessurate o fratturate, attraverso impregnazione, sia di rocce aventi cavità di varie dimensioni, attraverso riempimento, sia di terreni di bassa permeabilità, attraverso la tecnica definita di "claquage".

Tali trattamenti avvengono per effetto dell'immissione di idonee miscele attraverso perforazioni attrezzate con canne valvolate.

Le miscele sono dei fluidi (sospensioni, soluzioni, emulsioni) dotati di proprietà reologiche evolutive, inizialmente idonei alla penetrazione nel mezzo poroso o fratturato, e che raggiungono in seguito le caratteristiche adeguate agli scopi del trattamento.

1.3 Tecniche di perforazione

In linea di principio, le perforazioni per l'installazione di canne valvolate (tubi a manchettes o TAM) come veicolo per le iniezioni di consolidamenti saranno eseguite con metodologia convenzionale.

Per i consolidamenti propedeutici allo scavo della galleria con TBM quando sottopassa edifici, al fine di mitigare il rischio di cedimenti sugli edifici soprastanti, i TAMs saranno installati all'interno di perforazioni eseguite con metodologia sia convenzionale che teleguidata.

Tutti gli interventi in subverticale dalla superficie saranno eseguiti mediante perforazioni convenzionali, mentre quelli in sub-orizzontale, da sotterraneo, con perforazioni curvilinee e di lunghezza fino a 200 m, saranno eseguite con la tecnologia della Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.).

La tecnologia T.O.C. si basa sul principio per cui:

- la posizione dell'utensile di perforazione e la traiettoria da esso percorsa possono essere misurate e conosciute in tempo reale;
- la direzione può essere corretta mediante speciali utensili e punte di perforazione.

In tal modo, è possibile sia correggere eventuali deviazioni dall'asse teorico di progetto, sia provocare intenzionalmente deviazioni dall'asse rettilineo per ottenere perforazioni ad andamento curvilineo, seguendo un'opportuna traiettoria di progetto; in ambedue i casi le deviazioni dall'asse teorico di progetto possono essere contenute entro limiti inimmaginabili per le perforazioni convenzionali.

1.4 Tecniche di iniezione

I trattamenti di iniezione a medio-bassa pressione, utilizzando i prodotti sopra indicati, possono definirsi di:

- impregnazione, quando tendono a riempire i vuoti dei terreni sciolti porosi di tipo alluvionale o detritico, fino ad un certo limite inferiore di permeabilità (dalle ghiaie alle sabbie fini);
- impermeabilizzazione, quando mirano a saturare i vuoti dei terreni sciolti porosi già precedentemente sottoposti ad un trattamento più estensivo di impregnazione, al fine di abbassare ulteriormente il limite di permeabilità
- intasamento, quando tendono a riempire fratture o cavità della roccia, da carsica a microfessurata.

I trattamenti di iniezione ad alta pressione, ma comunque attraverso valvole, si definiscono infine di:

- ricompressione, quando tendono a formare, nei terreni fini, un reticolo di lenti resistenti e scarsamente deformabili, ottenuto per fratturazione idraulica (claquage).
- di presidio/compensazione, quando mirano a prevenire e/o risarcire i fenomeni di subsidenza in superficie indotti dalle diminuzioni di volume a seguito di scavi in sotterraneo.

1.5 Miscele di iniezione

Le miscele di iniezione consistono in:

- * sospensioni di un legante idraulico in acqua con l'eventuale aggiunta di agenti stabilizzanti (miscele cementizie);
- * soluzioni pure inorganiche ad alta penetrabilità, costituite da soluzioni acquose di silice con impiego di reagenti inorganici, o prodotti similari; per motivi di salvaguardia ambientale si esclude l'uso di reagenti organici.

In relazione alla penetrabilità ed alla stabilità le sospensioni cementizie si definiscono:

- miscele cementizie instabili, costituite da miscele binarie (acqua-cemento), nelle quali la fase solida tende a sedimentare con rilevante cessione di acqua libera (bleeding);
- miscele cementizie stabili, costituite da miscele ternarie (acqua-cemento-bentonite) o da miscele binarie corrette con opportuni additivi stabilizzanti;
- miscele con cementi microfini, costituite da miscele binarie o ternarie, con impiego di cementi sovramacinati e additivati;
- miscele integrative di tipo chimico, a base silicatica tipo SILACSOL-S, costituite da un liquore di silice e un reagente a base di calcio.

2. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

- a) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle indagini necessarie ad accertare l'eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (fondazioni abbandonate, cunicoli e fognature fuori servizio nonché eventuali reperti archeologici), dei sottoservizi (cavi elettrici e telefonici, tubazioni per il trasporto di acqua, gas e teleriscaldamento), fognature e qualsiasi altro sistema di scarico e/o prelievo di acque bianche e nere (pluviali, cunicoli, pozzi, ecc), che potrebbero interferire con le perforazioni da realizzare. Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle eventuali opere di bonifica, mediante sostituzione e/o deviazione e/o rimozione di tali ostacoli prima di dare corso alle attività di perforazione, previo accordo con la Direzione Lavori e con gli enti gestori dei sottoservizi interessati.
- b) L'Appaltatore dovrà eseguire la ricerca ed eventuale eliminazione di ordigni bellici interrati. Tale attività sarà ricompensata con le apposite voci di tariffa.
- c) L'Appaltatore, in accordo col programma generale d'esecuzione dell'opera, dovrà redigere un programma esecutivo relativo alle opere specializzate in oggetto da realizzare, indicando il numero, la classe e la capacità operativa di tutte le attrezzature e gli impianti previsti, nonché delle squadre di personale addetto al loro corretto funzionamento (qualifica e numero).
- d) Sarà obbligo dell'Appaltatore adottare tutti gli accorgimenti previsti dalla normativa in vigore alla data in cui verranno eseguite le lavorazioni, atti a ridurre e contenere ogni tipo di rischio e disturbo alle persone che eseguiranno i lavori nonché ai residenti delle zone in cui i lavori saranno eseguiti. Sarà altresì cura dell'Appaltatore evitare che le diverse operazioni possano arrecare danno ad opere e manufatti preesistenti.
- e) Sarà obbligo dell'Appaltatore provvedere all'indicazione delle discariche autorizzate presso le quali saranno depositati i materiali di risulta provenienti dall'esecuzione dei consolidamenti e delle lavorazioni a loro connesse, incluse eventuali opere provvisorie e di presidio. Il trasporto a discarica dei suddetti materiali dovrà essere eseguito utilizzando idonei mezzi di trasporto dotati di contenitori e/o cassoni stagni in caso di materiali umidi. In ogni caso tale operazione dovrà essere eseguita nel rispetto delle leggi vigenti alla data della sua esecuzione ed in accordo ai regolamenti comunali e alle prescrizioni impartite dalla Città di Torino (traffico, rumorosità, pulizia delle strade).
- f) Sarà cura dell'Appaltatore far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dalla presente sezione del Capitolato Speciale d'Appalto parte B e dalle Specifiche di Controllo Qualità, così come quelli integrativi che a giudizio della Direzione Lavori e dell'Appaltatore si rendessero necessari per garantire le qualità e le caratteristiche previste da progetto.

- g) L'Appaltatore realizzerà tutte le opere provvisorie e/o di presidio che si rendessero necessarie per la salvaguardia di opere preesistenti, quali fabbricati e/o manufatti. Tali opere, previste in progetto e/o ordinate dalla Direzione Lavori, saranno compensate con i prezzi di elenco
E' compensato a parte, a misura, la realizzazione del campo prove preliminare.

3. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

3.1 Soggezioni geotecniche ed ambientali

3.1.1 Fluidi di perforazione e materiali di risulta

Di norma le perforazioni potranno essere eseguite con o senza rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile.

I fluidi di perforazione potranno essere costituiti da:

- acqua;
- fanghi bentonitici e/o polimerici, questi ultimi biodegradabili; nel caso di impiego di additivi per la bentonite, polimeri o comunque prodotti diversi da quelli usualmente utilizzati, prima di essere introdotti in cantiere devono essere approvati dai responsabili dell'ambiente e della sicurezza, i quali dovranno poter disporre per tempo degli appositi certificati e schede di sicurezza fornite dal fabbricante dei prodotti;
- miscele cementizie;
- aria, nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro o Sistema Odex o Simmetrix o similari, o in altri casi proposti dall'Appaltatore e accettati dalla DL.

In ogni caso, il sistema prescelto dovrà consentire la posa della canna d'iniezione nel foro eseguito senza forzatura alcuna né flessioni o torsioni, alla profondità prevista, in condizioni di assoluto rispetto dell'integrità fisica della canna d'iniezione stessa. Le canne d'iniezione che non si presenteranno in condizioni ottimali dovranno essere ripristinate a cura e spese dell'Appaltatore.

Ove in perforazione si adoperino fanghi di perforazione o miscele cementizie, l'Appaltatore dovrà accertare e dimostrare che il loro impiego non rappresenta un successivo impedimento all'assorbimento delle miscele da iniettare.

Le pressioni di iniezione devono essere determinate in modo da non provocare inconvenienti, quali sollevamenti nelle adiacenze o comunicazioni tra fori. A tal fine l'Appaltatore, sulla base anche delle prove tecnologiche preliminari del campo prove, dovrà studiare la corretta sequenza di esecuzione per sottoporla all'approvazione della DL.

3.1.2 Salvaguardia ambientale

Gli interventi con finalità impermeabilizzanti non dovranno modificare le condizioni idrologiche del sottosuolo all'esterno delle aree immediatamente adiacenti ai trattamenti.

I trattamenti in oggetto prevedono l'immissione nel sottosuolo di materiali chimici: limitazioni in merito sono riportate nel capitolo "materiali".

Tutti i fluidi di scarto, provenienti dagli impianti di confezionamento e/o dalle aree di lavoro, dovranno essere testati prima del loro smaltimento e, se riconosciuti dannosi per l'ambiente in presenza di alti valori di pH, dovranno essere trattati con appositi processi di bonifica o depositati in discariche autorizzate al loro smaltimento.

Fluidi e materiali di risulta, dopo eventuale trattamento, dovranno essere allontanati dal cantiere trasportandoli nelle apposite discariche ed utilizzando mezzi di trasporto idonei; in particolare per i liquidi ed i fanghi dovranno essere utilizzati cassoni stagni.

Dietro richiesta dei responsabili della sicurezza, dovranno essere prodotti dall'Appaltatore i certificati di trasporto e accettazione di tali prodotti nelle discariche prescelte.

Resteranno a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri economici ed amministrativi relativi alle operazioni di smaltimento suddette.

Le attrezzature e le procedure impiegate nelle lavorazioni dovranno essere osservative delle leggi relative all'igiene e sicurezza sul lavoro, vigenti alla data di esecuzione del lavoro. In particolare, dovranno essere idonee ad operare in ambiente urbano, utilizzando tutti i più moderni dispositivi per ridurre e mantenere al di sotto delle soglie prescritte l'emissione di polveri, fumi e gas di scarico.

In particolare, prevedendo di operare in ambito urbano ed eventualmente in turni anche notturni, le attrezzature impiegate dovranno rispondere ai massimi requisiti di insonorizzazione e, ove possibile, alloggiare in appositi containers.

L'Appaltatore, prima di inviare le attrezzature in cantiere, dovrà fornire ai responsabili della sicurezza le relative schede tecniche e dovrà ricevere benestare scritto che ne autorizzi l'invio.

3.1.3 Controllo degli stati tenso-deformativi

I procedimenti di iniezione dovranno essere definiti ed applicati in modo da evitare che abbiano luogo modificazioni indesiderate dello stato di deformazione e dello stato di sollecitazione su opere vicine. Per controllare eventuali effetti indotti dall'esecuzione dei trattamenti del terreno sulle preesistenze, l'Appaltatore dovrà provvedere, già in fase di perforazione, al monitoraggio in automatico, con restituzione in tempo reale su piattaforma GIS, delle preesistenze poste nelle vicinanze della zona oggetto di trattamento.

A questo riguardo la DL, oltre quanto già previsto in progetto, potrà richiedere specifici controlli topografici (monitoraggio in automatico) e la realizzazione e la gestione di una rete di controllo con strumentazione di monitoraggio geotecnico e strutturale.

3.2 Campi prova, prove tecnologiche preliminari e definizioni metodologiche

Si rimanda a quanto riportato al paragrafo 3.7 della Sezione Introduttiva.

3.3 Preparazione del piano lavoro - Tracciamenti

Il piano di lavoro sarà predisposto con una gettata di magrone o con un riporto pressato di materiale arido drenante.

Il piano di lavoro dovrà essere mantenuto pulito, illuminato e sempre percorribile dalle attrezzature impiegate e dal personale addetto al loro funzionamento e controllo; apposite canale di raccolta e di scolo, opportunamente posizionate ed inclinate, favoriranno il deflusso dei reflui fluidi di perforazione e di iniezione, oltre che delle acque di scarico e meteoriche, in appositi punti di raccolta, dai quali, per mezzo di pompe o di altri sistemi di aggotamento, saranno definitivamente allontanati. Tutti i materiali di risulta, inclusi i fluidi, dovranno essere trasportati nelle apposite discariche, utilizzando mezzi di trasporto idonei; in particolare per i liquidi ed i fanghi dovranno essere utilizzati cassoni stagni. In presenza di valori anomali del pH, i liquidi e/o i fanghi, dovranno essere opportunamente trattati o, se possibile, riciclati. L'Appaltatore è comunque responsabile della idoneità del piano di lavoro predisposto in termini di operatività dei mezzi previsti e di sicurezza di personale addetto e mezzi.

Le perforazioni previste per i consolidamenti potranno interferire con eventuali sottoservizi esistenti e non soggetti a deviazione, il cui esercizio dovrà essere mantenuto attivo; si dovranno adottare preliminarmente tutti gli accorgimenti nella progettazione esecutiva/costruttiva delle perforazioni e nel loro tracciamento, al fine di evitare qualsiasi interferenza con tali sottoservizi, anche prevedendo la loro messa a luce.

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà presentare alla DL una planimetria riportante la posizione di tutti gli assi di trattamento previsti; a ciascun asse dovrà essere associato un numero identificativo e indicazione di sequenza. L'Appaltatore dovrà tracciare topograficamente sul terreno la posizione delle perforazioni mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun elemento. Ai picchetti dovranno essere applicate targhette con il numero identificativo, o altra indicazione, che consentano una immediata e chiara individuazione della corrispondenza dell'asse tracciato con la canna valvolata da realizzare come da Progetto. In apposita tabella dovranno essere riportate tutte le caratteristiche geometriche dei fori e delle canne valvolate da installare.

In alternativa al tracciamento topografico e alla identificazione dei fori di progetto con picchetti sul terreno, potrà essere impiegata una strumentazione GPS, installata direttamente sulla perforatrice. In questo caso, il progetto planimetrico dell'intervento dovrà essere caricato sulla strumentazione, con ad ogni foro associate le coordinate GPS. Selezionando il foro da eseguire, la perforatrice potrà essere posizionata esattamente sull'asse di progetto della perforazione proprio grazie a detta strumentazione.

Qualsiasi sia il sistema utilizzato per il tracciamento dei fori, esso dovrà consentire l'individuazione degli assi relativi a ciascuna canna valvolata, in qualsiasi momento, anche ad intervento concluso.

3.4 Tolleranze

I fori di iniezione dovranno essere realizzati nella posizione e con le inclinazioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto o richieste dalla DL:

coordinate piano altimetriche dell'asse foro nel punto di intestazione:	± 5 cm;
scostamento dall'asse teorico per perforazioni convenzionali:	± 1% per perforazioni verticali e ± 2% per perforazioni con inclinazione $\geq 20^\circ$ rispetto alla verticale;
scostamento dall'asse teorico per perforazioni teleguidate (T.O.C.)	± 0.5% per profondità fino a 100 m e ± 50 cm per profondità > 100 m e fino alla massima profondità prevista in progetto
lunghezza:	± 15 cm

4. MATERIALI

Le seguenti specifiche integrano le prescrizioni generali per l'impiego dei materiali, che si intendono qui interamente richiamate.

L'Appaltatore deve accertarsi preventivamente che i materiali, aventi le caratteristiche qui richieste, siano disponibili in quantità sufficiente a coprire l'intero prevedibile fabbisogno per l'esecuzione dei trattamenti previsti in progetto.

Ogni qualvolta si verificheranno variazioni delle caratteristiche dei materiali, l'Appaltatore dovrà fornire le prove di accettabilità dei materiali.

E' consentito esclusivamente l'impiego di prodotti stabili nel tempo e che non cedano al terreno e alle falde circostanti liquidi residuali inquinanti. Di norma, quindi, è fatto divieto all'uso di reagenti organici.

Tutti i prodotti utilizzati per la composizione delle miscele d'iniezione, siano esse cementizie o chimiche, dovranno essere proposti per l'accettazione della DL accompagnati dalle rispettive schede tecniche e di sicurezza che ne autorizzi l'impiego nel rispetto della normativa vigente alla data di esecuzione delle lavorazioni.

Il cemento ed i prodotti chimici impiegati dovranno essere scelti in relazione alle esigenze di penetrabilità ed alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggregabilità da parte e nel cospetto dell'ambiente esterno.

Si utilizzerà acqua chiara di cantiere, dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o di solfati, non inquinata da materie organiche, o comunque dannose alla idratazione dei leganti utilizzati. Le caratteristiche dell'acqua impiegata saranno previamente accertate presso un laboratorio ufficiale; quest'ultimo rilascerà relativo certificato che l'Appaltatore trasmetterà alla DL.

E' ammesso l'uso di additivi stabilizzanti, disperdenti e/o fluidificanti.

4.1 Miscela d'iniezione con cementi normali

Di norma le miscele cementizie utilizzate per l'esecuzione della guaina e per le iniezioni di impregnazione, impermeabilizzazione, consolidamento e ricomprensione dovranno appartenere alla categoria delle miscele stabili.

La miscela di guaina, prevista per la solidarizzazione delle canne valvolate al terreno, sarà confezionata con acqua, cemento e bentonite. Il cemento impiegato dovrà soddisfare la UNI EN 197-1 e sarà di classe 32.5 o 42.5.

Per l'iniezione è prescritto l'impiego di miscele cementizie ad elevata penetrabilità, confezionate con acqua, cemento, bentonite e additivo. Il cemento dovrà essere un CEM I (portland) di classe 52.5; la bentonite dovrà avere bassa resa e dovrà essere adeguata alla miscelazione con cemento; l'additivo dovrà essere un disperdente/antiflocculante (con anche funzione fluidificante e stabilizzante).

4.1.1 Dosaggi

Le miscele dovranno essere preparate adottando dosaggi in peso dei componenti tali da rientrare orientativamente nei seguenti rapporti indicativi, salvo diverse indicazioni progettuali o della DL e/o comprovate motivazioni tecniche evidenziate dall'Appaltatore:

per l'esecuzione della guaina:

$$0.3 \leq c/a \leq 0.5 \quad 0.03 \leq b/a \leq 0.05$$

per iniezioni di impregnazione, impermeabilizzazione, consolidamento:

$$0.35 \leq c/a \leq 0.50 \quad 0.03 \leq b/a \leq 0.05$$

per iniezioni di ricompressione:

$$0.5 \leq c/a \leq 1.8 \quad 0 \leq b/a \leq 0.05$$

In funzione delle specifiche finalità del trattamento e degli esiti del campo prove, l'Appaltatore, previo consenso della DL, potrà ottimizzare i rapporti compositivi sopra indicati. Per le iniezioni di presidio, in particolare, l'Appaltatore è tenuto a sperimentare in sito, attraverso detto campo prove, la tipologia di miscela più opportuna per ottenere l'assorbimento della miscela in assenza di fenomeni di claquage che possano generare disturbi sui fabbricati (sollevamenti). Per tale scopo dovrà confrontare i risultati ottenuti da iniezioni con miscele normali, miscele con cementi microfini e, eventualmente, miscele chimiche. Per le iniezioni di compensazione, l'Appaltatore dovrà mettere a punto le miscele più opportune per evitare che si manifestino fenomeni di permeazione del terreno (che inibirebbero l'esecuzione di passate successive necessarie per ottenere i sollevamenti richiesti), ma anche per contenere le resistenze, in modo tale da consentire la re-iniezione delle valvole anche con molte passate successive.

Tutte le miscele proposte dall'Appaltatore dovranno essere preventivamente ed opportunamente testate in funzione del tipo di prodotto utilizzato. Una volta approvata la miscela, non sarà consentita la sostituzione dei prodotti approvati, e, in caso di forzata sostituzione, dovranno essere rifatti tutti i test necessari alla riqualificazione delle nuove miscele.

4.1.2 Caratteristiche reologiche

Le miscele cementizie stabili dovranno, in linea di massima, soddisfare i seguenti requisiti:

- viscosità Marsh: ≤ 40 secondi
- rendimento volumetrico: ≥ 99 %.

4.1.3 Caratteristiche meccaniche e idrauliche

Le caratteristiche meccaniche e idrauliche finali dei terreni consolidati mediante iniezioni saranno stabilite in funzione delle esigenze progettuali e verificate con appositi test di qualificazione, tra i quali:

- prove pressiometriche in sito
- prove di permeabilità in sito

4.2 Miscele con cementi microfini

4.2.1 Caratteristiche dei cementi e dosaggi

Le miscele con cementi microfini sono progettualmente raccomandate, salvo diverse indicazioni risultanti dai campi prova, per le esecuzioni dei trattamenti di presidio. I cementi microfini saranno ottenuti a seguito di processi di produzione tali da aumentarne la finezza fino a valori dell'ordine di $8500 \div 12000$ cmq/g (Blaine). I processi di macinazione e separazione dovranno quindi consentire di ottenere un fuso granulometrico delle particelle solide presenti nella sospensione caratterizzata dai seguenti valori:

$$D_{98} \leq 10 \div 20 \mu\text{m}$$

La granulometria sarà determinata con porosimetri a mercurio o apparecchiature di equivalente precisione.

Il dosaggio, in relazione agli impieghi, potrà variare nell'intervallo:

$$0.5 \leq c/a \leq 1.0$$

Per ottenere la stabilizzazione delle miscele a minore rapporto C/A potrà essere utilizzato un agente colloidale, ad esempio bentonite. E' raccomandato l'impiego di additivi disperdenti/antiflocculanti e fluidificanti inorganici.

4.2.2 Caratteristiche reologiche

Le miscele con cementi microfini dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- viscosità Marsh 32 ÷ 40 secondi
- rendimento volumetrico $\geq 99 \%$
- superficie specifica (Blaine) $\geq 8000\text{cm}^2/\text{g}$.

4.2.3 Caratteristiche meccaniche

Le caratteristiche meccaniche finali saranno stabilite in funzione delle esigenze progettuali, come indicato nella Sezione Introduttiva della presente specifica.

4.3 Miscele chimiche

La definizione della tipologia di miscela chimica da iniettare viene lasciata all'Appaltatore, che dovrà proporla e comprovarla secondo le specifiche esigenze applicative imposte dal progetto in funzione della posseduta e personalizzata esperienza tecnologica, fermo restando il fatto che dovrà essere selezionata una miscela che, nella reazione tra i componenti, deve produrre idrosilicati di calcio aventi struttura cristallina, stabile nel tempo, analoga a quella che si ottiene nella fase di idratazione e presa dei leganti idraulici, ed evitate tutte le miscele che producono gelificazione (quindi instabili nel tempo perché soggette a sineresi e lisciviazione).

Le caratteristiche di fluidità e penetrabilità dovranno essere idonee al trattamento di impregnazione di ambiti con la permeabilità dei terreni da trattare e comunque dell'ordine di grandezza pari a $k = 10^{-6} \div 10^{-5}$ m/s.

Il prodotto finale dovrà essere garantito e referenziato sia per quanto concerne i requisiti di iniettabilità ed efficacia di trattamento, sia per aspetti di stabilità nel tempo, sia infine per aspetti di compatibilità con le norme di tutela ambientale.

4.4 Controlli e documentazione

Le miscele confezionate in cantiere saranno sottoposte ai seguenti cicli di controllo:

- peso specifico : 4 volte al giorno
- viscosità Marsh : 4 volte al giorno
- decantazione o resa volumetrica : 2 volte al giorno
- viscosità apparente (Rheometer) : 2 volte al giorno
- pressofiltrazione : 2 volte al giorno
- tempo di presa : 1 volta alla settimana
- prelievo di campioni per prove di permeabilità e di compressione: 2 prelievi di coppie di provini al giorno

I controlli delle miscele chimiche saranno stabiliti dalla DL su proposta del fornitore e dell'Appaltatore.

Tipo e frequenza delle prove potranno essere variati, in diminuzione ed anche in aumento, su richiesta della DL.

Il peso specifico dovrà risultare pari a quello teorico $+2\% / -1\%$, calcolato assumendo come pesi specifici dei materiali quelli dichiarati dai produttori.

Nelle prove di decantazione l'acqua separata in 24 ore non dovrà superare l'1% in volume per le miscele stabili; valori minori potranno essere fissati in funzione di specifiche esigenze progettuali.

I cubetti, da sottoporre a prove di resistenza cubica a compressione, avranno dimensioni minime di 7 cm di lato.

L'Appaltatore eseguirà i controlli e le prove richieste nei tempi prestabiliti, a sua cura e spese, presso un laboratorio esterno ufficiale o direttamente in cantiere, con personale proprio opportunamente addestrato e dotato di tutte le attrezzature necessarie, installate in un apposito ambiente adibito a laboratorio.

La scelta dovrà essere autorizzata ed approvata dalla DL, la quale comunque ha la facoltà di far verificare da un laboratorio esterno, di suo gradimento ed esclusivamente a spese dell'Appaltatore, alcune delle prove eseguite nel laboratorio di cantiere, confrontandone i risultati.

L'Appaltatore eseguirà le prove richieste e documenterà i risultati delle stesse con rapportini tecnici, la cui frequenza è commisurata a quella delle prove stesse. In caso di evidenti discordanze rispetto ai valori rilevati nei precedenti test di qualificazione, l'Appaltatore avrà l'obbligo di segnalare tempestivamente le anomalie riscontrate.

I cicli di controllo dovranno essere documentati giornalmente in una apposita tabella, dove saranno specificati:

- data ed ora del prelievo;
- tipo del prelievo;
- valori riscontrati;
- anomalie riscontrate ed eventuali sistemi correttivi adottati;

- numero di identificazione dei provini prelevati;
- nome del responsabile che ha eseguito il prelievo;
- eventuale presenza di rappresentanti della DL.

Tutta la documentazione sopra richiesta dovrà essere presentata giornalmente, o comunque entro le 24 ore successive alle scadenze previste nel ciclo di controllo.

Detta documentazione, unitamente ai rapporti di produzione, sarà ritenuta indispensabile ai fini della contabilizzazione del lavoro eseguito.

5. MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI TRATTAMENTI DI INIEZIONI

Di seguito si indicano le norme tecniche di base che l'Appaltatore dovrà osservare nella realizzazione dei consolidamenti; l'Appaltatore è comunque responsabile della qualità del prodotto finale fornito.

5.1 Prescrizioni generali

Le attrezzature messe a disposizione dall'Appaltatore dovranno permettere di realizzare trattamenti con perforazioni rettilinee o curvilinee, verticali/subverticali o orizzontali/suborizzontali o comunque con tutte le inclinazioni prescritte dal Progetto.

Numero, potenza e capacità delle attrezzature dovranno essere adeguati per rispettare il Programma Lavori e per raggiungere le profondità di progetto, fermo restando che sia il numero che la potenza delle attrezzature dovranno essere definite in modo tale da evitare effetti indesiderati (ad esempio innalzamenti) sulle preesistenze.

In linea di principio, la sequenza operativa deve essere tale che le canne di iniezione devono essere distinte in primarie e secondarie ed eventualmente, in accordo con le prescrizioni del progetto, anche in terziarie e quaternarie. Una canna di iniezione secondaria non potrà essere perforata se non sarà stata completata l'iniezione di tutte le canne primarie adiacenti; allo stesso modo, una canna terziaria non potrà essere perforata se non sarà stata completata l'iniezione di tutte le canne secondarie adiacenti; e così via.

Tale procedura è finalizzata a: (i) permettere la maturazione delle miscele iniettate in precedenza attraverso le canne di iniezione adiacenti e (ii) a mitigare il pericolo di comunicazioni fra la perforazione e/o l'iniezione in corso e i fori di iniezione adiacenti già iniettati. l'Appaltatore è comunque obbligato a segnalare eventuali comunicazioni che venissero rilevate fra il foro in corso di perforazione o iniezione e i fori precedentemente eseguiti, circostanza che potrà portare a rivalutare la sequenza esecutiva adottata.

5.2 Attrezzature

5.2.1 Attrezzature di perforazione

Tutte le attrezzature di perforazione, prima di essere ammesse in cantiere, dovranno ricevere l'approvazione della DL.

In ogni caso esse devono essere conformi a tutte le norme di sicurezza ed igiene del lavoro vigenti alla data di prima entrata in cantiere.

Per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche, esse dovranno rientrare nelle seguenti prescrizioni tecniche:

- la potenza necessaria potrà essere erogata da un motore diesel o elettrico, la cui scelta potrà essere anche funzione dell'ambiente operativo;
- la trasmissione dell'energia dovrà avvenire per mezzo di un circuito oleodinamico;
- la giunzione e lo svitamento della batteria di perforazione dovrà avvenire per mezzo di apposite morse;
- tutte le attrezzature adottate dovranno essere predisposte con l'installazione della strumentazione necessaria al rilevamento dei parametri di perforazione o, in alternativa per le perforatrici HDD, della strumentazione necessaria ad individuare in tempo reale la effettiva posizione dell'utensile di perforazione e per conoscere la traiettoria da esso percorsa;
- l'attrezzatura di rilevamento automatico dei parametri di perforazione dovrà essere in grado di acquisire e restituire i parametri in specifica ed in ogni caso la sua adozione dovrà essere preventivamente accettata dalla DL;
- le leve di comando utilizzate dall'operatore dovranno essere opportunamente servoassistite, le operazioni in corso di svolgimento dovranno essere facilmente gestibili per mezzo di dispositivi parzializzatori e controllabili per mezzo di manometri ed apposite spie;

- in corrispondenza di ogni leva, dispositivo di parzializzazione, manometro, spia e quant'altro utilizzabile dall'operatore per il funzionamento dell'attrezzatura, dovranno essere applicate apposite targhette che identifichino chiaramente la funzione del comando e la direzione nella quale deve essere mosso per ottenerlo;
- tutte le leve devono tornare automaticamente in posizione di folle in caso di rilascio e devono essere opportunamente protette per impedirne l'inserimento in caso di urti accidentali;
- la stabilizzazione dell'attrezzatura sul foro da perforare dovrà avvenire per mezzo di appositi martinetti;
- l'attrezzatura dovrà essere semovente, dotata di cingoli o ruote a scelta dell'Appaltatore, ma comunque in grado di muoversi liberamente sul piano di lavoro disponibile sulle singole aree d'intervento;
- in funzione della dimensione dell'attrezzatura devono essere installati uno o più dispositivi d'emergenza facilmente identificabili ed azionabili da chiunque per l'immediato arresto di qualsiasi operazione in corso.

Tutte le attrezzature, oltre ad essere dotate di apposito manuale di funzionamento e catalogo ricambi, dovranno rispettare quanto prescritto dal regolamento comunale.

Per le Trivellazioni Orizzontali Controllate (T.O.C.) potranno essere utilizzate sia attrezzature di perforazione specifiche per HDD, sia perforatrici convenzionali.

Le perforatrici specificamente progettate per le T.O.C. potranno essere impiegate quando gli spazi a disposizione lo consentano (ad esempio dall'interno delle previste stazioni in costruzione) e quando gli angoli di ingresso di progetto delle perforazioni siano compatibili con i loro cinematismi. Viceversa, le perforatrici convenzionali potranno essere impiegate per eseguire le T.O.C. quando sia difficile o impossibile operare con le perforatrici HDD, come ad esempio quando si debba operare dall'interno di pozzi (di intertratta in progetto o di servizio aggiuntivi a carattere temporaneo) o da cunicoli (di servizio a carattere temporaneo) e quando gli angoli di ingresso non siano compatibili con i cinematismi delle perforatrici HDD.

5.2.2 Strumentazione per la registrazione dei parametri di perforazione

Le attrezzature impiegate per le perforazioni convenzionali dovranno essere equipaggiate con idonea strumentazione per la misura, acquisizione e registrazione in automatico dei parametri di perforazione. Dovranno essere registrati come minimo i seguenti parametri di perforazione:

- spinta;
- coppia;
- velocità di avanzamento;
- velocità di rotazione
- pressione e portata del fluido di perforazione.

I valori registrati saranno restituiti in diagrafie rappresentative, consegnate giornalmente, anche su supporto informatico, alla DL.

Le attrezzature impiegate per le perforazioni teleguidate (T.O.C.) dovranno essere equipaggiate con la strumentazione necessaria ad individuare in tempo reale la effettiva posizione dell'utensile di perforazione e per conoscere la traiettoria da esso percorsa. I parametri misurati saranno registrati, restituiti su supporto cartaceo e informatico e consegnati giornalmente alla DL.

5.2.3 Impianto di confezionamento delle miscele

Le miscele saranno confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico, costituiti dai seguenti principali componenti:

- bilance elettroniche per componenti solidi;
- vasca volumetrica per l'acqua o contaltri elettronici regolabili;
- mescolatore primario ad elevata turbolenza, min. 1500 giri/min;
- vasca di agitazione secondaria;

- iniettori idraulici con appositi dispositivi di controllo della portata e della pressione, in grado di fermare/rallentare automaticamente la macchina quando i valori impostati stanno per essere raggiunti;
- misuratori di portata volumetrici o flussimetri elettronici, entrambi dotati di dispositivo automatico per il fermo dell'iniettore a quantitativo programmato raggiunto.

Gli impianti di preparazione delle miscele con cementi microfini, nel caso non dovessero essere adottati prodotti preventivamente macinati, dovranno essere attrezzati, con dispositivi di macinazione e separazione necessari a rendere la finezza media dei prodotti utilizzati, come da indicazioni previste dal progettista.

5.2.4 Impianto di iniezione delle miscele

L'impianto di iniezione dovrà essere dotato di un numero minimo di iniettori in grado di soddisfare lo svolgimento delle lavorazioni nei tempi e nei ritmi indicati nel programma lavori. Gli iniettori saranno comandati da un circuito oleodinamico in grado di garantire le seguenti caratteristiche tecniche:

- pressione max di iniezione : ≥ 100 bar
- portata massima : 65 l/min'
- portata minima : 5 l/min'
- dispositivo automatico della rottura della guaina (che consenta di raggiungere la max pressione senza modificare i valori di portata e pressione massimi impostati per il ciclo normale d'iniezione).

Prima dell'invio in cantiere delle attrezzature prescelte dall'Appaltatore, dovranno essere consegnate alla DL, per approvazione, le relative schede tecniche.

Le linee di convogliamento dei fluidi d'iniezione dovranno rispettare i requisiti specifici connessi con le pressioni massime ottenibili con le pompe installate, previo loro collaudo alla presenza di un responsabile della sicurezza dell'Appaltatore, il quale certificherà la prova con un apposito verbale, da consegnare in copia alla DL prima dell'inizio delle lavorazioni.

Le tubazioni delle linee dovranno essere di diametro idoneo ad evitare eventuali decantazioni di miscela al loro interno.

I punti operativi (centrale e cavalletto) saranno in comunicazione radio-telefonica, prevedendosi segnalazioni sonore di chiamata adeguate alla rumorosità degli impianti.

Ogni linea d'iniezione dovrà disporre di un gruppo, o cavalletto, dotato dei seguenti requisiti:

- rubinetto di scarico e/o prelievo di miscela durante l'iniezione;
- rubinetto di chiusura della condotta;
- manometro, dotato di salvamanometro a membrana sostituibile, per il rilievo della pressione di linea idoneo a sopportare le massime pressioni raggiungibili dalla pompa d'iniezione.

I gruppi di cui sopra dovranno essere installati in prossimità del foro in trattamento e dovranno riportare in modo chiaro e visibile a distanza il numero o la sigla della pompa d'iniezione alla quale sono collegati.

Tutte le sezioni di tutti i fori d'iniezione saranno trattate mediante l'impiego di un doppio otturatore di tipo approvato dalla DL.

I manometri da utilizzare dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche:

- saranno del tipo a doppia scala o a scala logaritmica, per consentire una certa precisione di lettura durante l'iniezione e contemporaneamente rilevare i picchi di pressione massimi che si raggiungono nella fase di rottura guaina;
- il fondo scala dei settori dovranno essere uno dimensionato alla pressione massima d'iniezione ed il secondo rapportato ai valori di massima pressione raggiungibili dall'iniettore;
- precisione \geq del 5% della pressione di pompaggio;
- certificato di taratura non anteriore a 3 mesi dall'inizio della fase lavorativa in cui verranno impiegati per la prima volta e comunque non antecedente di 6 mesi.

I manometri saranno montati sulla linea d'iniezione almeno in due punti distinti: il primo in centrale di pompaggio direttamente sull'iniettore subito a valle della mandata, il secondo sul cavalletto d'iniezione posto in prossimità del foro in corso d'esecuzione. Entrambi i manometri dovranno avere il quadrante protetto da vetro/polycarbonato antiurto, mantenuti puliti in modo da poter essere facilmente letti e controllati dagli addetti alle lavorazioni e dai tecnici della DL.

Tutti gli strumenti, che per qualsiasi motivo dovessero subire danneggiamenti e/o dovessero mal funzionare in modo evidente, dovranno essere immediatamente sostituiti dal personale addetto, a cura e spese dell'Appaltatore.

Alla fine di ogni ciclo produttivo o comunque dopo un periodo massimo non superiore ai 3 mesi dalla messa in funzione dei manometri, sarà obbligo dell'Appaltatore smontare e sostituire detti apparecchi con altri di analoghe caratteristiche, nuovi oppure revisionati secondo la procedura di seguito indicata. L'Appaltatore potrà verificare e ritarare i manometri presso un laboratorio ufficiale autorizzato dalla DL o mediante proprio "manometro campione" conservato in laboratorio di cantiere. Questo dovrà essere accompagnato da un certificato di taratura emesso da un laboratorio autorizzato dalla DL; il certificato di taratura dovrà essere rinnovato ad intervalli massimi inferiori a 6 mesi. Per mezzo di un apposito torchietto, sul quale saranno contemporaneamente montati in parallelo il manometro campione ed il manometro da verificare, potranno essere verificati e recuperati, dopo i necessari interventi di manutenzione e pulizia, tutti gli strumenti smontati dalle pompe d'iniezione.

La verifica finale dei manometri dovrà essere eseguita con la precisione prevista e nei tempi decisi con la DL, i cui rappresentanti preposti al controllo di tale operazione dovranno convalidare i certificati degli strumenti approvati (N° del manometro, data e firma); tutti i manometri così recuperati potranno essere immediatamente riutilizzati.

Tutte le operazioni di recupero e controllo degli strumenti saranno a totale carico e costo dell'Appaltatore.

Per ciascuna linea di iniezione, compreso il doppio packer, sarà eseguita una verifica delle perdite di carico che dovranno essere rilevate alle varie pressioni e portate previste dal progettista per una data miscela. Essendo le perdite di carico funzione della lunghezza della linea, del suo diametro, del tipo di miscela iniettata, della pressione e della portata di detta miscela, la prova dovrà essere rifatta qualora uno degli elementi indicati dovesse subire variazioni.

5.2.5 Strumentazione per la registrazione dei parametri di iniezione

L'impianto di iniezione dovrà essere predisposto ed attrezzato per la misura, l'acquisizione e la registrazione automatica e sistematica dei parametri d'iniezione, utilizzando un sistema di cui l'Appaltatore dovrà sottoporre alla DL, per approvazione, la necessaria documentazione tecnica prima dell'avvio delle lavorazioni. Dovranno essere registrati, per ciascuna valvola e per ciascuna passata di iniezione, come minimo i seguenti parametri:

- profondità della valvola;
- pressione istantanea di iniezione della miscela;
- portata istantanea di iniezione della miscela;
- volume cumulativo della miscela iniettata;
- pressione finale ottenuta
- durata dell'iniezione della valvola.

Il sistema dovrà inoltre essere in grado di controllare e gestire il processo di iniezione, provvedendo all'arresto dell'iniezione al raggiungimento dei parametri stabiliti dal progetto (volume massimo e pressione di rifiuto).

I dati acquisiti dovranno essere riportati in schede analitiche e grafici che ne consentano un'agevole interpretazione. Alla DL verranno forniti giornalmente sia le restituzioni cartacee sia i supporti informatici dei dati acquisiti, con programma interpretativo se necessario.

5.3 Modalità operative

5.3.1 Perforazione

Tutte le perforazioni dovranno essere eseguite con gli utensili più appropriati alle caratteristiche dei terreni da attraversare; si dovrà considerare anche la probabile diffusa presenza di "puddinga".

Le perforazioni saranno eseguite mediante sonda a rotazione o roto-percussione, con circolazione di fluidi stabilizzanti, di raffreddamento dell'utensile e di allontanamento dei detriti di perforazione, con o senza l'impiego di rivestimenti temporanei, fino a raggiungere la profondità del foro prevista in progetto.

Nel corso della perforazione, oltre alla registrazione automatica dei parametri, dovranno essere annotate le variazioni stratigrafiche risultanti dall'esame del detrito di perforazione ed eventuali anomalie, quali le perdite di fluido di perforazione o altre.

Nel caso di fori a pareti stabili il rivestimento potrà essere in parte o del tutto omesso, se approvato dalla DL.

Numero e potenza delle attrezzature dovranno essere adeguati a raggiungere le profondità di progetto ed a rispettare il programma cronologico di esecuzione dei lavori, concordato con la DL.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate e facilmente regolabili.

La tecnica di perforazione adottata dovrà essere eseguita con attrezzature rispondenti alle norme di sicurezza ed igiene ambientale e comunque in assoluta osservanza dei regolamenti comunali, in vigore alla data dell'esecuzione delle lavorazioni.

In particolare, nel caso di impiego della roto-percussione, sia mediante martello a fondo foro che mediante dispositivi di battuta applicati alla testa di rotazione (tipo sistema Klemm o top hammer), l'Appaltatore dovrà assicurare il rispetto delle norme DIN 4150 (parti I e II, 1975; parte IV, 1986), in merito ai limiti delle vibrazioni, e quanto altro in merito ai limiti di rumorosità in ambiente urbano.

La D.L., a sua discrezione, può richiedere all'Appaltatore di eseguire misure di controllo del rumore e delle vibrazioni indotte dalle attrezzature impiegate, con oneri e spese a carico del medesimo Appaltatore.

La sequenza di perforazione dovrà essere sempre tale da non disturbare assolutamente il processo di indurimento di guaine in fori di recente esecuzione, né da creare vie di fuga ad iniezioni a pressione in corso: l'Appaltatore proporrà le distanze di rispetto, in spazio e tempo, fra perforazioni ed iniezioni.

In ogni caso, la distanza minima del foro in perforazione da quello in contemporanea iniezione, salvo deroga concessa dalla DL, non potrà essere minore di 4 interassi della maglia dei fori d'iniezione entro la quale si sta operando.

L'Appaltatore presenterà giornalmente la sequenza di perforazione ed iniezione studiata per rispettare i vincoli sopra descritti: la DL potrà richiedere variazioni ad essa.

L'Appaltatore è comunque obbligato a segnalare eventuali comunicazioni che venissero rilevate tra i fori in qualsiasi fase lavorativa. È facoltà e discrezione della DL modificare, variando le distanze, gli interassi minimi stabiliti prima di ogni fase operativa nell'ambito di una zona circoscritta.

Eventuali comunicazioni del fluido di perforazione con fori in fase di esecuzione di guaina e/o con fori aventi guaina non ancora maturata (almeno 8÷12 ore dalla fine del riempimento del foro), obbligheranno l'immediata interruzione della perforazione e la ripresa della guaina disturbata mediante completa sostituzione; circostanze non corrette tempestivamente comporteranno l'abbandono dell'asse disturbato ed il suo rifacimento a spese dell'Appaltatore.

5.3.1.1 Perforazioni teleguidate

Le perforazioni teleguidate sono previste in progetto per i consolidamenti in suborizzontale, quando sia necessaria l'esecuzione di perforazioni ad andamento curvilineo. Di norma si tratta anche di perforazioni di lunghezze fuori dal comune, che possono raggiungere anche i 200 m.

Queste perforazioni dovranno essere eseguite mediante tecnologia T.O.C. (Trivellazione Orizzontale Controllata). Esse dovranno essere "filoguidate", con l'assistenza di un ingegnere di guida e di un sistema di guida di tipo magnetico MGS di ultima generazione, fino alla massima profondità di progetto.

Il campo magnetico di riferimento potrà essere generato o tramite stendimenti in superficie, quando praticabili, o mediante appositi fori sacrificali realizzati con metodologia convenzionale e monitorati in termini di traiettoria reale. Il metodo più appropriato per la realizzazione del campo magnetico di riferimento dovrà essere individuato, progettato e messo a punto dall'Appaltatore.

La sonda di misura, che tramite filo invia i dati necessari all'ingegnere di guida, verrà alloggiata all'interno delle aste di perforazione amagnetiche, che appositamente private del magnetismo, allontanano per quanto possibile le interferenze di natura magnetica, proprie dei materiali metallici di cui sono composte le aste di perforazione.

Le perforazioni pilota dovranno essere eseguite con gli utensili più appropriati alle caratteristiche dei terreni da attraversare (si dovrà considerare anche la probabile diffusa presenza di "puddinga" e di terreno cementato o grossi ciottoli). La guida dovrà essere assicurata mediante punta asimmetrica, o asta a gomito e appropriato utensile di perforazione a rotazione o roto-percussione, o motore a fango (mud motor).

Man mano che il foro pilota avanzerà, si procederà contestualmente all'installazione del rivestimento provvisorio, con tubi camicia o wash pipe, guidati dalle aste di perforazione; il diametro interno dovrà essere tale da consentire correttamente, e senza incastri, la manovra di estrazione della batteria di perforazione del foro pilota. Quando possibile, se le caratteristiche del terreno lo permettono, il rivestimento provvisorio potrà

essere inserito al termine della perforazione pilota, sempre guidato dalle aste di perforazione presenti nel foro.

Le perforazioni dei tratti curvilinei nel piano verticale dovranno avere un raggio di curvatura verticale $R_v \geq 120$ m. Nei casi in cui vi sia simultaneamente una curvatura nel piano verticale e una curvatura planimetrica, il raggio combinato R_c dovrà essere ≥ 105 m.

Le perforazioni teleguidate dovranno consentire di contenere le deviazioni dall'asse teorico all'interno del $\pm 0.5\%$ per profondità fino a 100 m e ± 50 cm per profondità > 100 m e fino alla massima profondità prevista in progetto.

5.3.2 Allestimento dei fori di iniezione

Completata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

Si provvederà quindi ad inserire la canna di iniezione in PVC, avente caratteristiche geometriche e meccaniche, diametro, lunghezza della parte cieca, lunghezza della parte valvolata, nonché numero e frequenza delle valvole, come indicato in progetto. La canna d'iniezione, nella parte sommitale cieca, dovrà essere prolungata per un tratto sufficiente a farla fuoriuscire dal piano di lavoro per almeno 20 cm. Su tale estremità sarà installato il tappo di chiusura ed una targhetta che consenta l'immediata identificazione del foro.

Non appena completata la messa in opera del tubo di iniezione, si procederà immediatamente al riempimento del foro con la miscela di guaina. L'operazione potrà essere eseguita iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire fino in superficie l'intercapedine tra le pareti del foro e la canna stessa. Qualora possibile, il riempimento del foro con miscela di guaina potrà essere eseguito ancora prima della posa della canna d'iniezione, pompando la miscela necessaria direttamente attraverso la batteria di perforazione. In questo caso, a foro riempito potranno essere estratte le aste, avendo cura di mantenere il foro pieno di miscela per tutta questa fase; subito dopo si procederà all'introduzione della canna d'iniezione nel foro. Completata l'introduzione della canna di iniezione ed eseguita la formazione della guaina, si procederà alla estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati. Se necessario dovranno essere eseguiti, anche a più riprese, i rabbocchi del foro con la stessa miscela cementizia, fino alla completa stabilizzazione del livello della miscela nel foro. I rabbocchi potranno essere eseguiti colando la miscela direttamente dalla superficie nell'intercapedine tra canna e parete del foro.

Tutta l'operazione di realizzazione della guaina dovrà essere eseguita a pressione atmosferica; qualora la risalita della guaina nel foro presenti difficoltà e pressioni maggiori a causa del franamento delle pareti perforate, in caso di non utilizzo del rivestimento provvisorio, la circostanza dovrà essere riferita alla DL che potrà decidere l'abbandono del foro ed il suo rifacimento con tecnica adeguata, a spese dell'Appaltatore.

I volumi pompati, compreso i rabbocchi, saranno annotati su un apposito rapporto di lavorazione, segnalando, ove possibile, eventuali informazioni di rilievo, quali, ad esempio, comunicazioni con altri fori, tempo impiegato, eventuali perdite ecc..

Per la formazione della guaina si utilizzerà una miscela cementizia che rispetti le caratteristiche e le composizioni prescritte al paragrafo specifico.

Completata l'iniezione di guaina si provvederà al lavaggio del tubo di iniezione al fine di rimuovere completamente la miscela cementizia eventualmente depositatasi all'interno del tubo; il lavaggio sarà eseguito utilizzando un'apposita canna del diametro idoneo all'inserimento all'interno del tubo di iniezione e a garantire una sufficiente velocità di risalita dell'acqua impiegata. Per facilitare l'eliminazione di eventuali incrostazioni, la canna di lavaggio sarà conformata in estremità con apposito raschietto metallico a becco di flauto o con coroncina metallica. Tutte le canne d'iniezione temporaneamente non utilizzate dovranno essere coperte con apposito tappo di chiusura, assicurato sulla bocca superiore.

Le canne d'iniezione che al momento del loro impiego/reimpiego risulteranno occluse da miscele d'iniezione, corpi estranei e/o comunque danneggiate in modo tale da non consentire l'introduzione dell'apposito otturatore fino a raggiungere tutte le valvole interessate dalla fase d'iniezione prevista, dovranno essere ripristinate e/o reinstallate a totale cura e spese dell'Appaltatore, in una posizione che sarà indicata direttamente dalla DL.

5.3.3 Iniezione

Preventivamente alla esecuzione delle iniezioni in pressione, l'Appaltatore eseguirà le seguenti operazioni:

- a) la taratura delle cadute di pressione su ciascuna linea di iniezione, completa di iniettore, linea di adduzione di lunghezza misurata e packer terminale, per differenti valori di portata. Ciascuna linea verrà quindi perfettamente identificata mediante riscontri inamovibili ed il rapportino di taratura sarà consegnato alla DL ed i valori di pressione successivamente letti sulla stessa linea saranno depurati della "perdita" o caduta misurata;
- b) la misurazione, alle differenti profondità previste di iniezione, della pressione di rottura del terreno (fenomeno di claquage); analogamente il rapportino di misura sarà consegnato alla DL.

Trascorso un periodo minimo di 24 ÷ 36 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo all' esecuzione delle iniezioni selettive, a pressioni e/o volumi controllati, in conformità alle indicazioni di progetto e secondo le procedure descritte ai paragrafi seguenti.

Le iniezioni saranno eseguite utilizzando le attrezzature di cui ai precedenti punti, tutte controllate ed approvate dalla DL.

Durante il trattamento d'iniezione, l'Appaltatore dovrà procedere al rilevamento sistematico dei parametri d'iniezione richiesti, per tutti i fori e con qualsiasi miscela iniettata, guaina compresa. I dati di iniezione registrati saranno consegnati giornalmente alla DL su supporto cartaceo e digitale.

I parametri per i quali sarà necessario eseguire il rilevamento in automatico, per ciascuna valvola iniettata e per ciascuna passata, saranno come minimo:

- profondità della valvola;
- pressione istantanea di iniezione della miscela;
- portata istantanea di iniezione della miscela;
- volume cumulativo della miscela iniettata;
- pressione finale ottenuta
- durata dell'iniezione della valvola.

I parametri richiesti dovranno essere resi, su supporto cartaceo e digitale, per ogni foro trattato (alle diverse quote) e per ogni fase d'iniezione richiesta.

Dovranno essere riportati graficamente in diagrammi singoli o combinati, in una scala che ne consenta un'agevole interpretazione. Giornalmente dovranno essere forniti alla DL i dati su supporto cartaceo e anche i relativi supporti informatici con i necessari riferimenti ad ogni singola sezione di ogni singolo foro.

5.3.3.1 Trattamenti di consolidamento per permeazione, con fratturazione idraulica (claquage) assente o controllata.

Impregnazione

La D.L. stabilirà una sequenza di trattamento degli assi attrezzati con canna di iniezione valvolata secondo opportunità di progetto.

Per ogni canna di iniezione si procederà all'iniezione di ogni valvola partendo, indifferentemente e senza il riconoscimento di oneri aggiuntivi, se non previsti nell'elenco prezzi, dal fondo o dalla superficie, secondo schemi predefiniti dal progetto e/o fissati o modificati dalla DL in corso d'opera. L'operazione sarà eseguita tramite un packer a doppia tenuta di lunghezza massima non superiore al 20% dell'interasse fra le valvole.

L'apertura di ciascuna valvola sarà ricercata inviando la stessa miscela di iniezione con valori di pressione anche prossimi a quella massima raggiungibile dalla pompa d'iniezione; in caso di insuccesso, l'apertura della stessa valvola sarà ritentata in un secondo tempo, sostituendo la miscela d'iniezione con acqua.

In caso di ulteriore fallimento, dovrà essere rivista la composizione della miscela di guaina, cercando di contenere il lasso di tempo consigliato tra l'esecuzione della guaina e l'iniezione.

A valvola aperta si darà luogo all'iniezione secondo i criteri prescritti di seguito, salvo diverse disposizioni impartite direttamente dal progettista e/o dalla DL.

Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno della tubazione di mandata e letto sul manometro, dedotte le perdite di carico, le quali saranno di volta in volta stabilite come indicato nei paragrafi precedenti.

L'iniezione di impregnazione dovrà essere eseguita utilizzando portate con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego ed alle risultanze del campo prove, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage) e, contemporaneamente, effetti negativi (sollevamenti) indotti sui fabbricati posti in adiacenza della zona da trattare. Rimane inteso che sarà cura dell'Appaltatore

predisporre adeguato sistema di monitoraggio in automatico atto a verificare, in "tempo reale", eventuali effetti negativi indotti dalle iniezioni sulle preesistenze.

Il trattamento di consolidamento, in accordo con le prescrizioni di progetto, potrà essere previsto iniettando la sola miscela cementizia oppure anche integrandola con una miscela di cemento microfine e/o con una miscela chimica a base silicatica. L'iniezione cementizia dovrà comunque sempre precedere l'eventuale iniezione integrativa con microfine e/o silicatica. Ciò in quanto l'iniezione cementizia ha come obiettivo l'intasamento parziale del terreno, atto a garantire che, durante l'impiego successivo di prodotti/miscele più penetranti, gli assorbimenti siano relativi alle parti meno permeabili del terreno evitando fenomeni dispersivi quali ad esempio rifluimenti della miscela verso l'alto, specie nelle sezioni più prossime alla superficie.

Il progetto di dettaglio dell'intervento, redatto dall'Appaltatore, a seguito delle risultanze del campo prove, dovrà indicare, per ciascuna valvola, per ciascuna miscela e per ciascuna passata, il volume massimo V_{max} , la pressione massima P_{max} (o pressione di rifiuto) e la soglia di pressione minima da raggiungere P_{min} .

La strategia di iniezione sarà "a volume massimo di progetto, con pressione massima pre-determinata e soglia di pressione minima da raggiungere".

Il criterio di arresto dell'iniezione da adottare per ciascuna valvola, per ciascuna passata e per ciascuna miscela prevista in progetto, nel caso più generale di una iniezione con miscela cementizia e integrativa, dovrà essere il seguente:

- * l'iniezione cementizia di ciascuna valvola dovrà immediatamente e automaticamente arrestarsi quando si raggiunga il primo in ordine cronologico tra il volume V_{max} e la pressione P_{max} ;
- * se l'arresto avviene per raggiungimento della pressione P_{max} , l'iniezione della valvola con la miscela cementizia sarà considerata completata;
- * se l'arresto avviene per raggiungimento del volume V_{max} , l'iniezione della valvola con la miscela cementizia sarà considerata completata solo a condizione che sia stata raggiunta la soglia minima di pressione P_{min} ;
- * se la soglia minima di pressione P_{min} non è stata raggiunta, la valvola dovrà essere ripresa con una passata successiva dopo almeno 24 ore, con le modalità messe a punto per i casi analoghi rilevati durante l'esecuzione del campo prova; in assenza di questi riferimenti, sarà compito della DL specificare le modalità da adottare;
- * una volta completata l'iniezione cementizia di tutte le valvole del TAM, si procederà all'iniezione della miscela integrativa, adottando lo stesso criterio già descritto per l'iniezione cementizia, ma, in linea generale, con diversi valori dei parametri di iniezione;
- * anche in questo caso, quando l'iniezione si arresta per raggiungimento del volume massimo senza che sia stata raggiunta la soglia minima di pressione prestabilita, la valvola dovrà essere ripresa con una passata successiva della stessa miscela, dopo almeno 24 ore
- * la procedura dovrà essere ripetuta con ulteriori passate di iniezione, con la stessa miscela integrativa, fino a che non si raggiunga con la pressione di iniezione la soglia minima prestabilita P_{min} prevista.

L'accessibilità del packer all'interno di ciascuna canna d'iniezione rientra negli obblighi ed oneri dell'Appaltatore; in particolare, dopo ogni ciclo d'iniezioni ogni foro dovrà essere lavato accuratamente asportando ogni traccia di miscela iniettata e immediatamente tappato. In caso di non accessibilità dovuta ad un qualsiasi motivo prevedibile e/o non prevedibile, l'Appaltatore dovrà procedere al ripristino del foro, ove possibile, o al suo rifacimento in prossimità di quello non più disponibile, esclusivamente a suo onere e spese. Tale procedura sarà rispettata anche dopo l'ultima prevista fase di iniezione. La DL fornirà autorizzazione scritta per la cementazione dei fori solo a trattamento globale ultimato ed a comprovazione avvenuta della riuscita dell'intervento.

La distanza minima tra due fori iniettati contemporaneamente deve essere determinata in relazione alle pressioni di iniezione ed alle circostanze geotecniche in modo che sia da non provocare indesiderati inconvenienti, quali sollevamenti nelle adiacenze e, come precedentemente indicato, in modo da evitare comunicazioni tra fori e iniezioni vicine non ancora indurite. A tal fine l'Appaltatore, sulla base anche delle prove preliminari, dovrà studiare la corretta sequenza di esecuzione che dovrà comunque essere approvata da parte della DL.

Il trattamento di impregnazione generalmente consta di una prima fase, come sopra descritta, in cui il liquido iniettato corrisponde al prodotto meno pregiato e conseguentemente meno penetrante, atto a riempire, a minore costo, i vuoti interstiziali maggiori; ciò avviene quindi utilizzando miscele cementizie; i

dosaggi possono essere differenziati in corrispondenza di più fasi. A seconda delle caratteristiche granulometriche e di permeabilità del terreno, la miscela cementizia potrebbe risultare non sufficiente per conseguire il risultato atteso. In tal caso, sarà necessario far seguire alla prima fase di iniezione cementizia una seconda fase di iniezione integrativa con miscela chimica a base silicatica.

Impermeabilizzazione

Nei casi in cui l'obiettivo dell'intervento sia l'impermeabilizzazione del terreno, l'iniezione cementizia (con cemento ordinario o microfine) dovrà sempre essere seguita dall'iniezione con miscela chimica a base silicatica.

La seconda fase di iniezione (trattamento di impermeabilizzazione), se prevista, utilizzerà quindi miscela di elevata capacità di penetrazione, quali le miscele chimiche a base silicatica, al fine di raggiungere, attraverso una più completa saturazione del terreno, un effetto impermeabilizzante. La metodologia d'intervento sarà simile alla precedente, salvo l'adozione di parametri diversi, fissati in progetto, o stabiliti e comunque verificati durante l'esecuzione del campo prove e/o approvati/proposti dalla DL. I procedimenti rispetteranno le stesse specifiche descritte in prima fase, salvo adeguare volumi e valori di pressioni. Anche in questa successiva fase di impermeabilizzazione l'obiettivo è l'ottenimento di un riempimento dei vuoti senza produrre la fratturazione idraulica del terreno (claquage) evitando effetti negativi indotti sugli edifici prossimi alla zona da consolidare.

Presidio/compensazione

Per minimizzare gli inconvenienti connessi con le perdite di volume indotte dallo scavo, si potranno prescrivere interventi di consolidamento a difesa dei fabbricati e/o di altre preesistenze maggiormente interferenti con lo scavo, da realizzarsi da pozzo, da cunicolo o da superficie. Le iniezioni previste per questa categoria di trattamenti si compongono a loro volta di 2 fasi distinte: una iniezione di "presidio", da eseguirsi preventivamente allo scavo della galleria ed una successiva iniezione di "compensazione", da realizzarsi nell'eventualità di dover risarcire volumi di terreno.

Le iniezioni di presidio sono analoghe alle iniezioni di impregnazione precedentemente descritte, salvo l'applicazione di parametri di iniezione (volumi, portate, pressioni e tipi di miscele) ancora più cautelativi, da verificare a cura dell'Appaltatore negli appositi campi prova, in modo tale da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage) e in modo da evitare il generare di effetti negativi indotti sulle preesistenze. Per tale scopo si raccomanda l'impiego di miscele di elevata capacità di penetrazione, quali le miscele con microcementi o le miscele chimiche.

Durante le fasi di trattamento è fatto obbligo dell'Appaltatore garantire il monitoraggio in continuo delle strutture soprastanti, in modo tale da sospendere immediatamente le iniezioni in caso di anomalie.

Contestualmente e/o subito dopo l'esecuzione delle lavorazioni che hanno richiesto gli interventi di presidio, ed in funzione dei risultati dei monitoraggi, se indicato dalla DL, potranno essere ripresi i trattamenti dai medesimi tubi valvolati delle iniezioni di presidio, al fine di compensare le eventuali perdite di volume. A tal fine l'Appaltatore è tenuto, quale proprio onere, a mantenere pulite le canne di iniezione dopo il primo trattamento.

5.3.3.2 Trattamento di ricompressione

Trascorso un periodo di almeno 48 ore dal completamento delle iniezioni di impregnazione in un'area, se previsto si darà luogo alle iniezioni di ricompressione utilizzando portate e pressioni precedentemente stabilite nell'esecuzione del campo prove ed accettate dalla DL, atte a produrre la fratturazione idraulica del terreno.

Si registreranno automaticamente sia le pressioni massime di picco e medie raggiunte durante il trattamento di ogni singola valvola, sia la rispettiva portata di alimentazione della frattura determinata.

I criteri d'iniezione saranno sostanzialmente simili a quelli adottati nel trattamento di impregnazione:

- rottura della guaina come per il trattamento di impregnazione;
- secondo le indicazioni del progettista, la DL stabilirà i seguenti parametri, relativamente alle quote di progetto, ai rischi ambientali e alle caratteristiche geologiche rilevate dai carotaggi eseguiti in precedenza dall'Appaltatore:
 - il volume V_{max} massimo per valvola e per passata
 - la pressione massima P_{max}
 - la soglia di pressione minima da raggiungere P_{min}

- fase d'iniezione come per il trattamento di impregnazione.

Per tutte le fasi di qualsiasi trattamento d'iniezione, previsto ed approvato, dovranno essere attivati tutti i tipi di controllo ed i relativi monitoraggi da eseguire in presenza di fabbricati, di opere fognarie attive, di condotte sotterranee per le quali non sia stato previsto lo spostamento per motivi logistici e/o di impossibilità oggettiva, e di qualsiasi opera e manufatto di esistenza nota. Le frequenze dei controlli saranno stabilite in funzione dell'importanza e dello stato delle opere stesse dalla DL; gli oneri derivanti da queste operazioni, se non compensati da apposite voci di prezzo, saranno a totale carico dell'Appaltatore.

6. CONTROLLI DI QUALITÀ

6.1 Generalità

L'Appaltatore dovrà redigere - e sottoporre all'approvazione della DL almeno 30 giorni prima del previsto inizio della lavorazione - il documento; "PIANO DI QUALITÀ DI COSTRUZIONE E INSTALLAZIONE – "CONSOLIDAMENTI – INIEZIONI".

Il piano di qualità di costruzione e installazione (PQCI) sarà redatto sulla base dell'indice generale e relativi contenuti indicati nell' ALLEGATO 1 al presente CSA – Parte B.

Le prove ed i controlli sono a carico dell'Appaltatore e saranno eseguiti in conformità al PROGRAMMA DELLE PROVE E DEI CONTROLLI contenuto nel PQCI.

Di seguito si forniscono le norme tecniche di base che l'Appaltatore dovrà osservare nell' esecuzione dei controlli del proprio operato. L'Appaltatore resta, comunque, responsabile della qualità del prodotto finale che sarà accettato solo ove rispondente ai seguenti criteri:

- rispondenza ai criteri di tolleranza già specificati;
- rispondenza del trattamento alle caratteristiche specificate nelle tavole di progetto;
- assenza di difetti evidenziati dall'autocontrollo dell'Appaltatore, o rilevati dalla DL, o rilevati dalle prove eseguite, od infine emersi in fase di scavo.

6.2 Documentazione

Tutta la documentazione sottoindicata dovrà essere approntata a cura e spese dell'Appaltatore; per ogni asse di trattamento eseguito ed iniettato l'Appaltatore dovrà fornire schede di autocontrollo contenenti le seguenti indicazioni:

Rapporto N° 1 - perforazione

- n° del foro
- nominativi del caposquadra addetto e degli operatori (perforazione, gestione fanghi, posa tubazione, iniezioni, controlli in corso d'esecuzione, ecc.);
- identificazione dell'attrezzatura di perforazione e degli utensili adoperati a varie quote;
- lunghezza della perforazione;
- inclinazione e posizione;
- data di perforazione;
- tipo di utensile e diametro;
- fluido di perforazione, segnalando eventuali perdite e relative quote;
- rivestimenti adottati e diametro;
- indicazioni dall'osservazione dei detriti;
- diagrafie del sistema automatico di registrazione dei parametri di perforazione.

Rapporto N° 2 - posa canna di iniezione e formazione guaina:

- caratteristiche della canna di iniezione;
 - diametro;
 - lunghezza cieca e lunghezza valvolata;
 - n° totale di valvole e relativo passo;
- dati dell'iniezione di guaina:
 - data di posa;
 - composizione miscela e volume iniettato;
 - eventuali perdite e, se possibile, relative quote.

Rapporto N° 3 - iniezione:

- tabelle delle iniezioni selettive indicanti per ogni valvola e per ogni fase:
 - data
 - composizione della miscela utilizzata;
 - pressioni di apertura della valvola;
 - volumi di assorbimento;
 - pressioni raggiunte;
 - tabulati dal sistema automatico di registrazione dei parametri di iniezione.

La suddetta documentazione dovrà essere preparata dall'Appaltatore e fornita in copia alla DL entro il giorno successivo in cui l'operazione è avvenuta.

La consegna dei suddetti rapporti sarà propedeutica alla contabilizzazione del lavoro eseguito.

6.3 Materiali utilizzati per il confezionamento delle miscele di iniezione

I materiali utilizzati per il confezionamento delle miscele d'iniezione saranno sottoposti, a totale cura e spese dell'Appaltatore, a tutte le prove necessarie alla verifica delle caratteristiche meccaniche e chimiche riportate sulle relative schede tecniche e di sicurezza. Le suddette prove dovranno essere eseguite in un laboratorio indicato dalla DL e in casi dubbi saranno ripetute in contraddittorio con il fornitore dell'Appaltatore in altro laboratorio, sempre a cura e spese dell'Appaltatore.

In particolare, per tutti i componenti liquidi delle miscele chimiche che saranno utilizzati in cantiere, l'Appaltatore dovrà eseguire il controllo del peso specifico, utilizzando un densimetro di scala opportuna o un picnometro in vetro e bilancia elettronica della portata massima di 5 kg. La prova sarà eseguita da un responsabile dell'Appaltatore, prima dello scarico del prodotto nei serbatoi di cantiere. Ogni anomalia dovrà essere immediatamente comunicata alla DL, la quale avrà la facoltà di accettare con riserva e/o respingere il prodotto.

6.4 Miscele di iniezione

Le miscele cementizie confezionate in cantiere, comprese quelle realizzate con cementi fini, di norma saranno sottoposte ai seguenti cicli di controllo:

peso specifico	: 4 volte al giorno
viscosità Marsh	: 4 volte al giorno
decantazione o resa volumetrica	: 2 volte al giorno
viscosità apparente (Rheometer)	: 2 volte al giorno
pressofiltrazione	: 2 volte al giorno
tempo di presa	: 1 volta/settimana
prelievo di campioni per prove di compressione a rottura:	2 prelievi di coppie di provini al giorno (minimo).

Per quanto riguarda le miscele chimiche utilizzate in cantiere, esse saranno sottoposte ai seguenti cicli di controllo:

- peso specifico della miscela liquida, utilizzando un densimetro di scala opportuna o un picnometro in vetro e bilancia elettronica della portata massima di 5 kg: 4 volte al giorno;
- controllo del tempo d'inizio della presa - 1 volta ogni 2 ore.

I cicli di controllo dovranno essere documentati giornalmente in una apposita tabella, dove saranno specificati:

- data ed ora del prelievo;
- tipo del prelievo;
- valori riscontrati;
- anomalie riscontrate ed eventuali sistemi correttivi adottati;
- numero di identificazione dei provini prelevati;
- nome del responsabile che ha eseguito il prelievo;
- eventuale presenza di rappresentanti della DL.

Tipo e frequenza delle prove potranno essere aumentate su richiesta della DL

Il peso specifico dovrà risultare pari a quello teorico +2% / -1%, calcolato assumendo come pesi specifici dei materiali quelli dichiarati dai produttori. Nelle prove di decantazione l'acqua separata in 24 ore non dovrà superare l'1% in volume.

I cubetti, da sottoporre con frequenza settimanale a prove di resistenza cubica a compressione, avranno dimensioni minime di 7cm di lato.

L'Appaltatore eseguirà i controlli e le prove richieste nei tempi prestabiliti, a sua cura e spese, presso un laboratorio esterno o direttamente in cantiere, con personale proprio, opportunamente addestrato e dotato di tutte le attrezzature necessarie, installate in un apposito ambiente adibito a laboratorio.

La scelta dovrà essere autorizzata ed approvata dalla DL, la quale comunque ha la facoltà di far verificare da un laboratorio esterno, di suo gradimento ed esclusivamente a spese dell'Appaltatore, alcune delle prove eseguite nel laboratorio di cantiere, confrontandone i risultati.

I risultati saranno documentati con rapporti tecnici a frequenza massima settimanale, salvo l'obbligo di segnalare tempestivamente ogni anomalia misurata e/o riscontrata.

Tutta la documentazione sopra richiesta, dovrà essere presentata giornalmente, o comunque entro le 24 ore successive alle scadenze previste nel ciclo di controllo.

Detta documentazione, unitamente ai rapporti di perforazione, sarà ritenuta indispensabile ai fini della contabilizzazione del lavoro eseguito e pertanto dovrà essere consegnata nei termini di tempo indicati.

Per il controllo dei trattamenti, l'Appaltatore fornirà, su richiesta ed a discrezione della DL, i seguenti elementi:

- eventuali diagrafie di perforazioni eseguite prima e dopo il trattamento per attestarne efficacia ed omogeneità;
- prove di permeabilità classiche, tipo Lefranc;
- sezioni trasversali e longitudinali delle zone di trattamento riportando differenti colorazioni in funzione degli assorbimenti e delle pressioni di iniezione raggiunte, da confrontare con corrispondenti sezioni geologiche;
- carotaggi nel terreno trattato eseguiti con carotiere T6S, anche dotato di corona diamantata, per fornire carote con diametro ≥ 100 mm, salvo diverse e meno restrittive indicazioni da parte della DL;
- eventuale videoispezione all'interno del foro carotato, qualora la qualità delle carote estratte non dovesse risultare soddisfacente;
- eventuali prove pressiometriche da eseguirsi in fori appositi realizzati con diametro adeguato allo strumento di prova;
- eventuali prove sismiche e/o tomografiche per valutare l'omogeneità del trattamento.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 10:

IMPERMEABILIZZAZIONI

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. E. Cadamuro		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023
1	Ing. F. Rizzo		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		27/11/2023
2	Ing. F. Rizzo		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		05/12/2023

INDICE

SEZIONE 10A – STAZIONI E TRATTE IN CUT & COVER	1
1. DEFINIZIONI.....	1
1.1 Norme di misurazione.....	1
2. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	1
3. IMPERMEABILIZZAZIONE A DOPPIO STRATO IN PVC COLLAUDABILE/VACUUM (PER LE PARTI DI STRUTTURA FINO AL PIANO ATRIO)	1
3.1 Piano orizzontale.....	2
3.2 Piano Verticale	5
4. IMPERMEABILIZZAZIONE CON MONOSTRATO IN PVC IN STAZIONE (PER PARTI DI STRUTTURA AL DISOPRA DEL PIANO ATRIO, ACCESSI, AEREAZIONI)	8
4.1 Guaina impermeabile in PVC	9
4.2 Geotessili non tessuti.....	10
4.3 Strato distaccante anti imbizione	11
4.4 Membrane elastoplastomeriche bituminose	11
4.5 Water-stop	13
4.5.1 Membrane elastiche in PVC.....	13
4.5.2 Cordoni idroespansivi	13
4.6 Strato di protezione orizzontale	13
4.7 Tubo di drenaggio longitudinale a tergo dell'impermeabilizzazione.....	13
5. MODALITÀ DI ESECUZIONE	13
5.1 Generalità.....	13
5.2 Preparazione della superficie.....	14
6. ALTRE PRESCRIZIONI.....	14
6.1 Confezionamento e trasporto	14
6.2 Immagazzinamento	15
7. CONTROLLI E PROVE	15
7.1 Prove per la verifica delle caratteristiche dei materiali	15
7.2 Prova di verifica delle termosaldature per pressione	15
7.3 Prova per depressione mediante campana Vacuum	15
7.4 Prova delle saldature manuali con sondino ricurvo.....	16
8. CONTROLLI DI QUALITÀ.....	16
8.1 Generalità.....	16
8.2 Documentazione e controlli di conformità	16
SEZIONE 10B – GALLERIE NATURALI	18
1. DEFINIZIONI.....	18
2. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	18
3. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	18
3.1 Altre prescrizioni	19
3.1.1 Confezionamento e trasporto	19
3.1.2 Immagazzinamento.....	19
4. MATERIALI	19
4.1 Membrana impermeabile in FPO o PVC	19
4.2 Geotessili non tessuti.....	20
4.2.1 Strato distaccante anti imbizione.....	21
4.3 Water-stop	21
4.3.1 Membrane elastiche in PVC.....	21
4.3.2 Cordoni idroespansivi	22

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B.2
Sezione n. 10: Impermeabilizzazioni

4.4	Giunto a tenuta idraulica per riprese di getto ed opere singolari	22
4.5	Tubo di drenaggio longitudinale a tergo dell'impermeabilizzazione.....	22
5.	MODALITÀ DI ESECUZIONE	23
5.1	Generalità.....	23
5.2	Preparazione della superficie.....	23
5.3	Applicazione del geotessile con funzione antipunzonamento.....	23
5.4	Applicazione dello strato di geotessile di protezione.....	24
5.5	Applicazione della membrana impermeabile in FPO o PVC.....	24
5.6	Protezioni particolari del manto impermeabile	25
5.7	Applicazione di membrane e water-stop o in bentonite sodica	25
6.	CONTROLLI DI QUALITÀ.....	26
6.1	Generalità.....	26
6.2	Documentazione e controlli di conformità	26
6.3	Guaina impermeabilizzante	26
6.4	Geotessili non tessuti.....	27

SEZIONE 10A – STAZIONI E TRATTE IN CUT & COVER

1. DEFINIZIONI

La presente specifica riguarda le guaine impermeabili in PVC con relativi sistemi accoppiati di geotessile non tessuto o pacchetti costituiti da guaine bituminose, utilizzati per l'impermeabilizzazione di strutture di cemento armato delle stazioni e delle tratte di galleria o altre opere connesse al progetto da eseguirsi in cut & cover.

Comprende inoltre le sigillature impermeabilizzanti dei giunti di ripresa del calcestruzzo a mezzo di sistemi tipo water-stop.

Le procedure di posa descritte sono riferite a sezioni con variazioni longitudinali graduate; in casi differenti, in presenza di brusche variazioni di sezione, l'appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori il metodo specifico con il quale intende affrontare la circostanza al fine di garantire la continuità della impermeabilizzazione.

1.1 Norme di misurazione

La misurazione delle guaine per impermeabilizzazione ai fini di applicazione delle corrispondenti voci di prezzo è eseguita a metro quadrato, a metro lineare per quanto concerne i giunti tipo water-stop.

Nei prezzi di realizzazione delle guaine per impermeabilizzazione si intendono compensati tutti gli oneri principali ed accessori quali:

- la preparazione della superficie da impermeabilizzare, con annessi oneri di regolarizzazione
- il taglio dei teli e l'adattamento alle dimensioni dell'area e le sovrapposizioni
- la fornitura e la posa del manto impermeabilizzante e dei geotessili non tessuti con funzioni drenanti e/o antipunzonamento
- la sigillatura e l'avvolgimento di eventuali corpi fuoriuscenti
- la stesa a pennello o a spruzzo di materiali protettivi ed impermeabilizzanti, laddove previsto.
- quant'altro previsto nella presente specifica come lavorazione annessa alla realizzazione di guaine per impermeabilizzazione

2. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Per le stazioni, le gallerie artificiali, i pozzi (i.e. pozzo di lancio della TBM – Pozzo Novara; pozzo di estrazione TBM – PT1), il deposito e, più in generale, tutti i manufatti sotterranei in falda, sono previsti due tipi di sistemi di impermeabilizzazione di seguito specificate.

- Per le parti di struttura dalla fondazione e fino al piano atrio: Impermeabilizzazione Doppio Strato PVC Collaudabile/Vacuum riparabile;
- Per parti di struttura al disopra del piano atrio: Impermeabilizzazione con monostrato in PVC.

Per la realizzazione dell'impermeabilizzazione sono compresi i seguenti oneri a carico dell'Appaltatore:

- il montaggio e smontaggio delle attrezzature mobili e dei ponteggi;
- la ventilazione al fine di assicurare anche in sommità di calotta un'atmosfera sana;
- l'illuminazione del luogo di lavoro
- la fornitura di aria compressa, energia elettrica e altre attrezzature ausiliarie;
- l'esecuzione di tutte le prove previste nelle presenti prescrizioni e delle eventuali prove aggiuntive previste dal progettista e/o richieste dalla Direzione Lavori in corso d'opera, per motivate esigenze;
- la disponibilità continua in cantiere delle attrezzature necessarie alle prove di controllo.

3. IMPERMEABILIZZAZIONE A DOPPIO STRATO IN PVC COLLAUDABILE/VACUUM (per le parti di struttura fino al piano atrio)

È previsto un sistema d'impermeabilizzazione in doppio strato settorizzato-collaudabile-iniettabile costituito da due manti impermeabili in PVC sovrapposti l'uno all'altro in modo indipendente chiamato "SISTEMA VACUUM". Lo scopo di tale sistema è quello di creare un'intercapedine compartimentata attraverso la quale è possibile agire con opere di collaudo della tenuta stagna del pacchetto stesso durante le varie fasi di lavorazione e, in

caso di lesioni al pacchetto impermeabile, di iniezione di apposite resine nell'intercapedine stessa fino a completa saturazione.

Adottato per l'impermeabilizzazione delle fondazioni e per le pareti, esso consente, in caso di infiltrazioni d'acqua dovuti al danneggiamento del pacchetto impermeabile, di poter intervenire al fine di ripristinare lo stato di impermeabilità del pacchetto senza dover agire con opere di demolizione sia durante i lavori sia dopo anni dalla ultimazione degli stessi.

Per la tratta funzionale 1 "Politecnico-Rebaudengo" della Linea 2 della Metropolitana di Torino, il sistema di impermeabilizzazione a doppio strato in PVC Collaudabile/Vacuum è previsto per stazioni indicate nella tabella seguente, per i tratti di galleria artificiale denominati GA4, GA5 e GA6, per il pozzo Novara (PNO) e per il pozzo terminale 1 (PT1) di estrazione della TBM nel retrostazione Politecnico. Nella tabella seguente, per ogni stazione nella quale è prevista l'installazione del sistema in parola, si riportano le quote della falda di riferimento (ai fini dell'applicazione del sistema di impermeabilizzazione) e le quote del piano atrio, che è il livello fino al quale è prevista l'applicazione del sistema di impermeabilizzazione descritto nel successivo paragrafo 3.2 relativo ai piani verticali; per queste stazioni in falda, la soletta è impermeabilizzata con il sistema descritto nel paragrafo 3.1.

WBS	Descrizione	Quota falda di riferimento [m s.l.m.]	Quota piano atrio/primo livello (rustico) (*) [m s.l.m.]	Note
DRB	Deposito/Officina Rebaudengo	226,36	230,35	Primo livello
SRB	Stazione Rebaudengo	223,75	228,90	
SCI	Stazione Cimaraosa/Tabacchi	213,67	214,35	(**)
SBO	Stazione Bologna	214,55	216,05	
SNO	Stazione Novara	216,05	218,05	(***)
SVR	Stazione Verona	216,70	217,95 (+1m rispetto al piano atrio = 216.95)	Per SVR e SMO (***) il sistema di impermeabilizzazione va incrementato di 1m rispetto al piano atrio
SMO	Stazione Mole/Giardini Reali	219,08	219,80 (+1m rispetto al piano atrio = 218.80)	
SCA	Stazione Carlo Alberto	221,50	228,68	
SPN	Stazione Porta Nuova	223,06	229,40	
SPA	Stazione Pastrengo	226,27	233,55	(***)
SPO	Stazione Politecnico	228,95	239,15	

(*) Le quote riportate nella colonna "Quota piano atrio/primo livello" si riferiscono al livello di transizione sui piani verticali, tra la stratigrafia monostrato in PVC (individuata negli elaborati grafici specifici come stratigrafia di "Tipo A") e la stratigrafia a doppio strato in PVC Collaudabile/Vacuum (Stratigrafia di "Tipo B").

(**) Per la stazione SCI, poiché la zona dell'atrio si sviluppa su 2 livelli, il livello più profondo è in falda ed avrà la fondazione impermeabilizzata con la stratigrafia a doppio strato in PVC Collaudabile/Vacuum Tipo C e le pareti impermeabilizzate con il Tipo B fino al piano atrio (ovvero primo livello interrato) come la stazione.

(***) Per le stazioni SNO, SMO e SPA, riconducibili alla tipologia di stazione S4G, ovvero stazioni a 4 livelli interrati con banchine in caverna, il sistema di impermeabilizzazione delle caverne è di "Tipo B" full round.

Per le quote relative alla GA4, GA5, GA6, PNO e PT1 si rimanda agli elaborati progettuali.

3.1 Piano orizzontale

Piano di posa

Il piano di posa orizzontale sarà costituito da uno strato di calcestruzzo magro, dovrà presentarsi liscio, libero da detriti, privo di sporgenze e asperità che possono arrecare danni al manto impermeabile curando inoltre il raccordo con le pareti verticali.

Strato di regolarizzazione

Sarà realizzato mediante la fornitura e posa in opera di strato di regolarizzazione costituito da un geotessile in feltro NT di fibre di polipropilene puro al 100 %, agugliato, imputrescibile, resistente ai microrganismi del peso di 800 gr/mq, con le seguenti caratteristiche tecniche:

Massa areica	800±10% g/m ²	UNI 5114 UNI EN 1849-1
Carico a rottura	≥1100 N/5cm	UNI EN 29073-3
Allungamento a rottura	≥ 60%	UNI EN 29073-3
Resistenza alla perforazione N	≥ 1500	UNI 5421

Posa in opera a secco con bordi sovrapposti di 10÷15 cm.

Allo strato di geotessile in feltro NT deve essere accoppiato un foglio in polietilene di spessore pari 0,40mm avente massa areica pari a 370±5% g/m² (UNI EN 1849-1).

Elemento di tenuta

Sarà realizzato con manto in PVC-P atossico spessore 2,0 mm ottenuto per coestruzione. Prodotto con sistema signal-layer in versione bicolore verde/nero.

Dimensioni standard bobine m 2.10x20, con le seguenti caratteristiche tecniche:

		Metodo di prova
Spessore (mm)	2.0 ± 5%	Uni EN 1849-1 Uni EN 1849-2
Carico a rottura (N/mm ²)	≥ 15,0	UNI EN 12311-1 Uni EN ISO 12311-2 Met. B
Allungamento a rottura (%)	≥ 250	UNI EN 12311-1 Uni EN ISO 12311-2 Met B
Resistenza alla lacerazione (N/mm)	≥100	Uni EN 12310-2
Impermeabilità all' acqua (10 ore a 1 Mpa)	impermeabile	Uni EN 1298 Met. B
Resistenza della giunzione (N/mm ²)	≥10,5	Uni 8202/30 Uni EN 12316-2
Stabilità a caldo a + 70°C	Stabile	Uni 8202/18
Piegatura a freddo a - 30°C	Stabile	Uni 8202/15 Uni EN 1109
Resistenza alle soluzioni acide e alcaline (variazione a 28gg)	± 20% dell'allungamento a rottura	Din 16726
Comportamento al fuoco	classe B 2	Din 4102/1
Idoneità al contatto con acqua potabile	conforme	D.M. 21 Marzo 1973 e succ. aggiorn.

Prodotto in azienda certificata: UNI EN ISO 9001:2000 (sistema qualità aziendale) e UNI EN ISO 14001 (sistema qualità ambientale).

Posa in opera a secco. Sovrapposizione dei lembi di 8/10 cm.

Saldatura dei sormonti effettuata mediante termosaldatura automatica a pista unica con controllo di velocità, temperatura e pressione.

Controllo manuale delle saldature mediante Welding Tester.

Eventuali riprese di saldatura tramite erogatore manuale d'aria calda tipo Leister;

È richiesta la posa in opera da parte di installatori approvati.

Finiture ed accessori costituiti da elementi prodotti ed approvati.

2° strato elemento di tenuta

È costituito da un manto in PVC-P spessore 2,0 mm con superficie inferiore strutturata. Colore trasparente. Resistente all'attacco di microrganismi quali funghi, batteri e spore presenti nel terreno ed all'attacco delle radici.

Dimensioni standard bobine m 1,50x20 o 2,10x20, con le seguenti caratteristiche tecniche:

		Metodo di prova
Spessore con struttura (mm)	2.0 ± 5%	Uni EN 1849-1 Uni EN 1849-2
Carico a rottura (N/mm ²)	≥ 14,0	UNI EN 12311-1 Uni EN ISO 12311-2 Met. B
Allungamento a rottura (%)	≥ 250	UNI EN 12311-1 Uni EN ISO 12311-2 Met B
Resistenza alla lacerazione (N/mm)	≥ 100	Uni EN 12310-2
Impermeabilità all' acqua (10 ore a 1 MPa)	impermeabile	Uni EN 1298 Met. B
Resistenza della giunzione (N/mm ²)	≥ 10,5	Uni 8202/30 Uni EN 12316-2
Trasmittanza luminosa totale (%)	> 70	Uni 8028
Piegatura a freddo a – 30°C	Stabile	Uni 8202/15 Uni EN 1109
Resistenza alle soluzioni acide e alcaline (variazione a 28gg)	± 20% dell'allungamento a rottura	Din 16726
Comportamento al fuoco	classe B 2	Din 4102/1

Prodotto in azienda certificata: UNI EN ISO 9001:2000 (sistema qualità aziendale) e UNI EN ISO 14001 (sistema qualità ambientale).

Posa in opera a secco. Sovrapposizione dei lembi di 8/10 cm.

Saldatura dei sormonti effettuata mediante termosaldatura degli stessi con linea di saldatura ad una pista della larghezza minima di mm 30,00. Tale manto sarà inoltre termosaldato con termosaldatura automatica al manto sottostante solo sul perimetro dell'area da compartimentare prevista da progetto, in modo da formare un mosaico di settori stagni aventi una superficie massima di 100 mq (riducibile in funzione del grado di complessità della struttura).

Ogni settore costituito dal secondo manto sarà sovrapposto a quello immediatamente precedente di circa 10 cm in modo da garantire la perfetta distribuzione della prova a vuoto su tutta la superficie.

Grazie alla superficie strutturata del manto impermeabile si viene a creare tra i due strati un'intercapedine, mantenuta in collegamento con l'esterno della struttura mediante specifiche pipette in PVC termosaldate sul secondo manto impermeabile previo foratura dello stesso, in ragione di n.3 per comparto, dotate di apposite valvole in acciaio e tubazioni di collaudo/iniezione confluenti in apposite cassette da ricavare nella struttura in c.a., accessibili anche dopo la fine delle lavorazioni.

Controllo manuale delle saldature mediante Welding Tester.

Eventuali riprese di saldatura tramite erogatore d'aria calda tipo Leister;

Posa in opera da parte di installatori approvati.

Finiture ed accessori costituiti da elementi prodotti ed approvati.

Strato di separazione

È costituito da un geotessile in feltro NT di fibre di polipropilene puro al 100 %, agugliato, imputrescibile, resistente ai microrganismi del peso di 800 gr/mq, con le seguenti caratteristiche tecniche:

Massa areica	800±10% g/m ²	UNI EN 1849-1
Carico a rottura	≥1100 N/5cm	UNI EN 29073-3
Allungamento a rottura	≥ 60%	UNI EN 29073-3
Resistenza alla perforazione N	≥ 1500	UNI 5421

Strato di protezione orizzontale

Strato di irrigidimento realizzato con cappetta cementizia di opportuno spessore, armata con rete elettrosaldata. Tale massetto sarà realizzato facendo attenzione che non vada a ricoprire i piedini dei giunti Waterstop.

A questo scopo, prevedere il posizionamento di fodere in legno sullo strato anti-imbibizione facendo attenzione a non fissarle al piano sottostante mediante chiodatura.

Seguirà la posa in opera delle armature metalliche e successivo getto di cls per formazione soletta di fondazione.

3.2 Piano Verticale

Piano di posa

Le superfici verticali dovranno a loro volta risultare opportunamente regolarizzate con opere di scarificazione ed eliminazione di asperità esistenti e/o di applicazione di uno strato di spritz-beton.

Strato di regolarizzazione

Fornitura e posa in opera di strato di regolarizzazione costituito da un geotessile in feltro NT di fibre di polipropilene puro al 100 %, agugliato, imputrescibile, resistente ai microrganismi del peso di 800 gr/mq, con le seguenti caratteristiche tecniche:

Massa areica	800±10% g/m ²	UNI EN 1849-1
Carico a rottura	≥1100 N/5cm	UNI EN 29073-3
Allungamento a rottura	≥ 60%	UNI EN 29073-3
Resistenza alla perforazione N	≥ 1500	UNI 5421

Posa in opera a secco con bordi sovrapposti di 10÷15 cm.

Lungo le superfici verticali il geotessuto dovrà essere ancorato alla superficie sottostante mediante apposite rondelle in PVC a rottura controllata, fissate al supporto mediante chiodatura a sparo.

Elemento di tenuta

Fornitura e posa in opera di elemento di tenuta realizzato con manto in PVC-P atossico 2,0 mm ottenuto per coestrusione. Prodotto con sistema signal-layer in versione bicolore verde/nero.

Dimensioni standard bobine m 2.10x20, con le seguenti caratteristiche tecniche:

		Metodo di prova
Spessore (mm)	2.0 ± 5%	Uni EN 1849-1 Uni EN 1849-2
Carico a rottura (N/mm ²)	≥ 15,0	UNI EN 12311-1 Uni EN ISO 12311-2 Met. B
Allungamento a rottura (%)	≥ 250	UNI EN 12311-1 Uni EN ISO 12311-2 Met B
Resistenza alla lacerazione (N/mm)	≥ 100	Uni EN 12310-2
Impermeabilità all' acqua (10 ore a 1 Mpa)	impermeabile	Uni 8202/21 Uni EN 1298 Met. B
Resistenza della giunzione (N/mm ²)	≥ 10,5	Uni 8202/30 Uni EN 12316-2
Stabilità a caldo a + 70°C	Stabile	Uni 8202/18

Piegatura a freddo a – 30°C	Stabile	Metodo di prova Uni 8202/15 Uni EN 1109
Resistenza alle soluzioni acide e alcaline (variazione a 28gg)	± 20% dell'allungamento a rottura	Din 16726
Comportamento al fuoco	classe B 2	Din 4102/1
Idoneità al contatto con acqua potabile	conforme	D.M. 21 Marzo 1973 e succ. aggiorn.

In possesso di Certificazioni:

Prodotto in azienda certificata: UNI EN ISO 9001:2000 (sistema qualità aziendale) e UNI EN ISO 14001 (sistema qualità ambientale).

Posa in opera a secco. Sovrapposizione dei lembi di 8/10 cm.

Saldatura effettuata mediante termosaldatura automatica a pista unica con controllo di velocità, temperatura e pressione.

Sulle superfici verticali è necessario provvedere preventivamente alla saldatura dei teli sulle rondelle in PVC sottostanti mediante cannello ad aria calda. In questo modo il telo in PVC risulterà opportunamente ancorato al supporto verticale mediante le speciali rondelle a rottura controllata.

Controllo manuale delle saldature mediante Welding Tester.

Eventuali riprese di saldatura tramite erogatore d'aria calda tipo Leister;

Posa in opera da parte di installatori approvati.

Finiture ed accessori costituiti da elementi prodotti ed approvati.

2° strato elemento di tenuta

Fornitura e posa in opera di elemento di tenuta realizzato con manto in PVC-P spessore 2,0 mm con superficie inferiore strutturata. Colore trasparente. Resistente all'attacco di microrganismi quali funghi, batteri e spore presenti nel terreno ed all'attacco delle radici.

Dimensioni standard bobine m 1,50x20 o 2,10x20, con le seguenti caratteristiche tecniche:

		Metodo di prova
Spessore con struttura (mm)	2.0 ± 5%	Uni EN 1849-1 Uni EN 1849-2
Carico a rottura (N/mm ²)	≥ 14,0	UNI EN 12311-1 Uni EN ISO 12311-2 Met. B
Allungamento a rottura (%)	≥ 250	UNI EN 12311-1 Uni EN ISO 12311-2 Met B
Resistenza alla lacerazione (N/mm)	≥ 100	Uni EN 12310-2
Impermeabilità all' acqua (10 ore a 1 MPa)	impermeabile	Uni EN 1298 Met. B
Resistenza della giunzione (N/mm ²)	≥ 10,5	Uni 8202/30 Uni EN 12316-2
Trasmittanza luminosa totale (%)	> 70	Uni 8028
Piegatura a freddo a – 30°C	Stabile	Uni 8202/15 Uni EN 1109
Resistenza alle soluzioni acide e alcaline (variazione a 28gg)	± 20% dell'allungamento a rottura	Din 16726
Comportamento al fuoco	classe B 2	Din 4102/1

Rispondente alla norma prestazionale UNI 8629/6

Prodotto in azienda certificata: UNI EN ISO 9001:2000 (sistema qualità aziendale) e UNI EN ISO 14001 (sistema qualità ambientale).

Posa in opera a secco. Sovrapposizione dei lembi di 8/10 cm.

Saldatura dei sormonti effettuata mediante termosaldatura degli stessi con linea di saldatura ad una pista della larghezza minima di mm 30,00. Tale manto sarà inoltre termosaldato al manto sottostante solo sul perimetro dell'area da compartimentare prevista da progetto, in modo da formare un mosaico di settori stagni aventi una superficie massima di 100 mq (riducibile in funzione del grado di complessità della struttura).

Ogni settore costituito dal secondo manto sarà sovrapposto a quello immediatamente precedente di circa 10 cm in modo da garantire la perfetta distribuzione della prova a vuoto su tutta la superficie.

Grazie alla superficie strutturata del manto impermeabile si viene a creare tra i due strati un'intercapedine, mantenuta in collegamento con l'esterno della struttura mediante specifiche pipette in PVC termosaldate sul secondo manto impermeabile previo foratura dello stesso, in ragione di n.3 per comparto, dotate di apposite valvole in acciaio e tubazioni di collaudo/iniezione confluenti in apposite cassette da ricavare nella struttura in c.a., accessibili anche dopo la fine delle lavorazioni.

Controllo manuale delle saldature mediante Welding Tester.

Eventuali riprese di saldatura tramite erogatore d'aria calda tipo Leister;

Posa in opera da parte di installatori approvati.

Finiture ed accessori costituiti da elementi prodotti ed approvati.

Strato di protezione

Fornitura e posa in opera di strato di protezione meccanica realizzato in PVC flessibile di spessore 2,0 mm ottenuto per coestrusione. Colore nero, con le seguenti caratteristiche tecniche:

		Metodo di prova
Spessore (mm)	2,0 ± 5%	Uni EN 1849-1
Carico a rottura (N/mm ²)	≥ 10. 0	UNI EN 12311-1
Allungamento a rottura (%)	≥ 100	UNI EN 12311-1
Resistenza all'impatto (mm)	≥ 1000	Din 16726-5.12

Posa in opera a secco. Sovrapposizione dei lembi di 8/10 cm. Saldatura dei sormonti effettuata mediante termosaldatura a pista unica. Saldatura perimetrale lungo i giunti waterstop. Seguirà la posa in opera delle armature metalliche e successivo getto di cls.

Lavorazioni accessorie

Compartimentazione – giunti water-stop

Fornitura e posa in opera di giunti Water-stop iniettabili in PVC da 220mm termosaldati manualmente lungo i due bordi laterali al manto sottostante. Tali giunti sono muniti di quattro piedini che vanno poi ad annegarsi nel getto del calcestruzzo. Inoltre, sono dotati di appositi alloggiamenti per posizionare, ove richiesto, tubi reiniettabili in PVC del diametro di mm 11. La loro posa può essere realizzata o ripercorrendo esattamente il perimetro di ogni settore sottostante (consigliato) o limitandosi a circoscrivere aree più grandi costituite da due o più settori. Ogni compartimentazione dovrà avere una superficie massima di 100mq (riducibile in funzione del grado di complessità della struttura).

Infine, i giunti water stop dovranno essere previsti lungo le riprese dei getti.

Tubi reiniettabili in PVC

Tubi reiniettabili costituiti da un doppio rivestimento in PVC-P per l'iniezione di resine e boiaccia cementizia, aventi caratteristiche conformi ai valori indicati nella seguente tabella:

	Ø 11	Ø 19
MATERIALE	PVC-P	PVC-P
Diametro interno tubo	6 mm	11 mm
Diametro esterno tubo	11 mm	19 mm
Materiale iniettabile	resina sintetica	resina e boiaccia cementizia per riempimento
Disposizione dei fori	ogni 20 mm ruotati di 90°	n. 6 aperture su 10 cm
Peso	0,11 kg/m	0,25 KG/M

Da posizionarsi completi di connessioni, raccordi, agganci e scatolette di derivazione da posizionarsi secondo schema previsto da progetto

Test di funzionalità da effettuarsi con acqua a bassa pressione.

- Pressione di esercizio:
 - Pressione di iniezione boiaccia di > 3 Bar (valore indicativo)
 - Pressione di iniezione resine acquareattive di >10 Bar (valore indicativo)

Operazioni di collaudo

Dovrà essere previsto il collaudo del sistema impermeabile almeno nelle seguenti fasi di avanzamento dei lavori:

- a completamento dell'impermeabilizzazione di ogni singolo settore;
- dopo ogni lavorazione al di sopra del manto impermeabile
- a ultimazione dei lavori di realizzazione dei massetti e delle strutture in c.a. soprastanti.

Tale prova prevede l'utilizzo di una pompa aspirante a vuoto (vacuum) munita di vacuometro con relativa valvola di chiusura. Questa pompa sarà collegata mediante apposite valvole e tubi con la pipetta d'iniezione in PVC termosaldato sul secondo manto impermeabile. Dopo aver creato il vuoto con depressione di 0,50 bar e chiuso la valvola del vacuometro su menzionata, verranno rilevati due valori (V1 e V2) indicati sul vacuometro a distanza di 10 minuti l'uno dall'altro. Affinché sia verificata la tenuta stagna del comparto il secondo valore rilevato deve essere uguale o inferiore al primo per un valore massimo di 0,10 bar.

Tale operazione deve essere ripetuta con intervallo di 5 minuti per l'assestamento del pacchetto impermeabilizzante.

L'esito del collaudo verrà verbalizzato in contraddittorio su apposita modulistica contenente la numerazione del settore, i valori rilevati e il Responsabile del collaudo.

Tutte le operazioni di collaudo sono incluse nella valutazione economica dei pacchetti di impermeabilizzazione.

4. IMPERMEABILIZZAZIONE CON MONOSTRATO IN PVC IN STAZIONE (Per parti di struttura al disopra del piano atrio, accessi, aereazioni)

Di norma la struttura di impermeabilizzazione potrà essere realizzata con uno dei due seguenti sistemi:

- con una membrana termoplastica impermeabile in cloruro di polivinile (PVC) dello spessore non inferiore a 2.0 mm e da due strati di protezione, costituiti da geotessile non tessuto agugliato in fibre lunghe di polipropilene di massa non inferiore a 500 grammi al metro quadrato disposti uno al di sopra ed uno al di sotto della membrana. In alternativa al geotessile potrà essere utilizzata sul lato esterno a contatto con il terreno una struttura ad alto potere filtrante. Lo strato di protezione dovrà essere scelto per assolvere alle funzioni di drenaggio e di protezione meccanica della membrana in PVC contro il punzonamento statico esercitato dal materiale di rinterro

- utilizzando, in alternativa al PVC, una guaina bituminosa prefabbricata; in tal caso non è prescritta l'applicazione del geotessile sul lato interno a contatto con la struttura.

4.1 Guaina impermeabile in PVC

La guaina impermeabile costituita da cloruro di polivinile (PVC) dovrà essere dello spessore di 2 mm. Il materiale dovrà essere qualificato prima dell'impiego secondo i valori indicati in Tab. 3.1

Le prove dovranno essere effettuate a spese dell'Appaltatore presso laboratori qualificati ed approvati dalla D.L., preliminarmente sul materiale approvvigionato in cantiere, prima del suo impiego, e successivamente sul materiale prelevato durante il corso dei lavori, ogni volta che la D.L. lo riterrà opportuno.

La membrana impermeabile potrà essere:

- composta da due strati di colore contrastante con quello dello strato sottostante, quest'ultimo prodotto da materia prima vergine, al fine di consentire una più agevole individuazione di eventuali strappi o danni arrecati in fase di produzione, trasporto, installazione oppure dalle attività di cantiere successive alla posa in opera prima o durante il getto di rivestimento;
- traslucida.

La posa in opera dell'impermeabilizzazione dovrà essere preceduta dalla preparazione del supporto comprendente:

- ⇒ pulizia mediante lavaggio con acqua in pressione (almeno 50 bar) della superficie su cui avverrà la posa,
- ⇒ nel caso di posa sulla superficie delle paratie, messa in opera di un conglomerato cementizio per regolarizzare la parete al fine di eliminare eventuali dislivelli o imperfezioni.

La guaina in PVC verrà stesa in senso trasversale all'asse dell'opera da impermeabilizzare, con i giunti sovrapposti di 10 cm e dovrà essere fissata ai listoni in PVC mediante termosaldatura.

La guaina dovrà presentarsi ben distesa, senza pieghe e parti in tensione.

Si procederà quindi alla saldatura dei giunti per termofusione con apposite saldatrici a controllo automatico di velocità, temperatura e pressione, predisposte per effettuare una doppia saldatura senza soluzione di continuità da un estremo all'altro del giunto, in modo da permettere la prova di tenuta del giunto ad aria compressa e/o con liquidi colorati. Il sistema da adottare sarà indicato ad esclusiva discrezione della D.L.; in ogni caso, l'Appaltatore dovrà attrezzarsi per eseguire entrambi i metodi di prova.

E' preferibile il sistema a liquidi colorati perché l'eventuale perdita è immediatamente individuabile anche ad occhio.

Le termosaldature per le congiunzioni dei fogli della membrana non dovranno provocare fenomeni di distacco fra i due strati componenti. Prima dell'inizio della posa dovranno essere eseguite saldature di prova al fine di verificare l'efficacia delle stesse e il comportamento della membrana.

Il piano di posa orizzontale sarà costituito da uno strato di calcestruzzo magro, dovrà presentarsi liscio, libero da detriti, privo di sporgenze e asperità che possono arrecare danni al manto impermeabile curando inoltre il raccordo con le pareti verticali.

Le superfici verticali dovranno a loro volta risultare opportunamente regolarizzate con opere di scarificazione ed eliminazione di asperità esistenti e/o di applicazione di uno strato di spritz-beton.

La lunghezza di ogni rotolo dovrà essere almeno uguale o superiore allo sviluppo della sezione trasversale da rivestire poiché non saranno ammesse giunzioni trasversali nella membrana a eccezione dei tratti ove ricadono nicchie, nicchioni o cameroni.

Tabella 4.1: Caratteristiche della membrana impermeabile in PVC

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME RIFERIM.
Spessore (mm)	2.0 ± 5%	UNI EN 1849-1 UNI EN 1849-2
Carico a rottura (N/mm ²)	≥ 15,0	UNI EN 12311-1 UNI EN ISO 12311-2 Met. B
Allungamento a rottura (%)	≥ 250	UNI EN 12311-1 UNI EN ISO 12311-2 Met B
Resistenza alla lacerazione (N/mm)	≥ 100	UNI EN 12310-2

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME RIFERIM.
Impermeabilità all'acqua (10 ore a 1 Mpa)	impermeabile	UNI EN 1928 Met. B
Resistenza della giunzione (N/mm ²)	≥ 10,5	UNI 8202/30 UNI EN 12316-2
Stabilità a caldo a + 70°C	Stabile	UNI 8202/18
Piegatura a freddo a – 30°C	Stabile	UNI 8202/15 UNI EN 1109
Resistenza alle soluzioni acide e alcaline (variazione a 28gg)	± 20% dell'allungamento rottura	a DIN 16726
Comportamento al fuoco	classe B 2	DIN 4102/1
Idoneità al contatto con acqua potabile	Conforme	D.M. 21 Marzo 1973 e succ. aggiorn.

Prodotto in azienda certificata: UNI EN ISO 9001 (sistema qualità aziendale) e UNI EN ISO 14001 (sistema qualità ambientale).

Posa in opera a secco. Sovrapposizione dei lembi di 15/20 cm.

Saldatura dei sormonti effettuata mediante termosaldatura automatica a pista unica con controllo di velocità, temperatura e pressione.

Controllo manuale delle saldature mediante Welding Tester.

Eventuali riprese di saldatura tramite erogatore manuale d'aria calda tipo Leister;

E' richiesta la posa in opera da parte di installatori approvati.

Finiture ed accessori costituiti da elementi prodotti ed approvati.

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero requisiti inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere. Nel caso di materiali già posti in opera, l'Appaltatore dovrà sospendere la lavorazione e procedere a sua cura e spese, alla loro rimozione ed alla sostituzione con materiali idonei.

Il produttore dovrà dimostrare che nessun componente della membrana in PVC migrando dalla massa nel lungo termine provochi effetti degradanti su:

- membrana in PVC stessa;
- geotessile di drenaggio ed eventuali strati protettivi;
- altri materiali o PVC quali waterstop, ecc.

4.2 Geotessili non tessuti

Dovrà essere costituito da un non tessuto di fibre di poliestere o in polipropilene con massa non inferiore a 500gr/mq coesionato meccanicamente per agugliatura di fibra lunga (maggiore di 60 mm), prodotto specificamente per le applicazioni dell'ingegneria civile, rispondente alle caratteristiche previste nella seguente tabella.

Tabella 4.2: Caratteristiche del geotessile non tessuto

CARATTERISTICHE	POLIESTERE	POLIPROPILENE	NORME RIFERIM.
Peso	500 g/mq	500 g/mq	
Massa areica	500 ± 10 % g/mq	500 ± 10 % g/mq	Secondo UNI 5114/UNI EN 1849
Carico a rottura	≥ 700 N/5cm	≥ 700 N/5cm	Secondo UNI EN 29073-3
Allungamento a rottura	≥ 60 %	≥ 60 %	Secondo UNI EN 29073-3
Resistenza alla perforazione	≥ 1100N	≥ 1200N	Secondo UNI 5421

Il geotessile dovrà essere esente da collanti, resine, altri additivi chimici e/o processi di termofusione, termocalandratura e termolegatura. Il geotessile non dovrà avere superficie liscia, dovrà apparire uniforme, resistere agli agenti chimici, alle cementazioni naturali imputrescibile ed atossico, avere resistenza alle alte temperature e dovrà comunque essere atossico.

I geotessili saranno a filo continuo quando il filamento ha lunghezza teoricamente illimitata; a fiocco quando la lunghezza del filamento varia tra 60 e 100 mm.

4.3 Strato distaccante anti imbizione

Lo strato distaccante antiimbizione è realizzato con film di polietilene a basse densità; è posato a secco con bordi sovrapposti di 20 cm incollati con banda biadesiva.

Le caratteristiche dello strato distaccante sono indicate nella seguente tabella.

Tabella 4.3: Caratteristiche dello strato distaccante anti imbizione

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME RIFERIM.
Spessore	0.40mm	
Permeanza al vapor d'acqua	0.221 g/mq x 24h	Secondo UNI EN 1931
Fattore di resistenza alla diffusione del vapor d'acqua (μ a 23°C)	Circa 450.000	Secondo UNI EN 1931
Allungamento a rottura	≥ 300 %	Secondo UNI EN 1931

4.4 Membrane elastoplastomeriche bituminose

In alternativa alle guaine in PVC, si potrà impiegare un manto impermeabile costituito da un elemento di tenuta realizzato con due membrane prefabbricate, elasto-plastomeriche a base di bitume distillato, selezionato e modificato con un alto tenore di polimeri nobili elastomerici e plastomerici di qualità costantemente controllata.; entrambe le membrane saranno armate con un tessuto non tessuto di poliestere di caratteristiche corrispondenti a quanto riportato nell'apposito paragrafo, rinforzato in modo da garantire la massima stabilità dimensionale. Esse dovranno rispondere ai seguenti requisiti riportati nella tabella seguente:

Tabella 4.4: Caratteristiche della membrana elastoplastomeriche bituminose

Norma	Caratteristiche tecniche	unità di misura	Valori per coperture protette	Valori per coperture esposte
EN 1848-1	Lunghezza	m	10 \pm 1%	8 \pm 1%
EN 1848-1	Larghezza	,m	1 \pm 1%	1 \pm 1%
EN 1849-1	Optometria	Mm	Conforme norma UNI 8626	Conforme norma UNI 8626
EN 1849-1	Spessore (sulla cimosa)	,mm	4 \pm 5%	4 \pm 5%
EN 1849-1	Massa areica	,kg/mq	4 \pm 10%	5 \pm 15%
EN 12311-1	Resistenza a trazione L/T	N/5cm	850 \pm 20%	850 \pm 20%
EN 12311-1	Allungamento a rottura L/T	%	50/50 \pm 15	50/50 \pm 15
EN 12310-1	Resistenza alla lacerazione L/T (metodo B)	N	\geq 200/200	\geq 200/200
EN 12730	Resistenza al punzonamento statico	,kg	\geq 35(PS 5)	\geq 35(PS 5)
EN 1109	Flessibilità a freddo	°C	\leq -25	\leq -25
	Flessibilità dopo invecchiamento	°C	\leq -20	\leq -20

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
 Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
 Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B.2
 Sezione n. 10: Impermeabilizzazioni
 SEZIONE 10A – STAZIONI E TRATTE IN CUT & COVER

Pag. 12 di 27

Norma	Caratteristiche tecniche	unità di misura	Valori per coperture protette	Valori per coperture esposte
ANSI/ASTM G53	Resistenza all'invecchiamento	4h UV a 60 °C 4hCON a 40 °C	Nessuna alterazione	Nessuna alterazione
EN 1107-1	Stabilità dimensionale a caldo L/T	%	± 0.3/0.3	± 0.3/0.3
EN 1110	Stabilità di forma a caldo	°C	≥ 140	≥ 140
EN 1928	Impermeabilità all'acqua	60 kPa	Assoluta	Assoluta
UNI 8202/22	Comportamento all'acqua (variaz. di massa)	%	≤ 1	≤ 1
EN 12039	Autoprotezione minerale: - perdita media massa areica - perdita media di ardesia	,g/mq %	- -	≤ 300 ≤ 30
ASTM D36	Temperatura di rammollimento R&B	°C	≥ 150	≥ 150
Confezione	Rotoli su pallets	N	25	20

Le membrane di cui sopra saranno posate in aderenza totale sulle coperture che dovranno essere asciutte e preventivamente pulite, prive di asperità, vespai e fuoriuscita di ferri. Tutti gli angoli e spigoli in corrispondenza dei rilievi e volumi tecnici dovranno essere arrotondati mediante la formazione di gusci aventi raggi di curvatura di circa 6-8 cm, oppure prevedere l'inserimento di un listello di legno tagliato a 45°.

La superficie così predisposta verrà trattata con lo strato di imprimitura che sarà realizzato con la stesa di un primer bituminoso ecologico monocomponente e privo di solventi. Sarà applicato a freddo, a rullo o a spruzzo in quantità variabile in relazione al grado di porosità della superficie e comunque non inferiore a 200 g/mq, così da garantire la completa aderenza del manto impermeabile.

Il supporto così predisposto sarà pronto a ricevere il primo strato impermeabile che verrà saldato tramite rinvenimento a caldo, sfiammando con apposito bruciatore alimentato da gas propano, della faccia inferiore della membrana; quest'ultima dovrà essere preventivamente srotolata e riavvolta sino a circa metà della sua lunghezza, per poi essere nuovamente srotolata in fase di sfiammatura e saldatura. Questa dovrà essere regolare, senza soluzione di continuità e dovrà interessare tutta la larghezza della membrana. Particolare cura dovrà essere riservata alle giunzioni fra i lembi di membrana (sovrapposizione) che dovranno essere di almeno 10 cm di larghezza quelli longitudinali e di almeno 15 cm per quelli trasversali o di testa.. in tali zone si dovrà avere cura di verificare la continuità della tenuta che potrà essere assicurata dalla continuità di fuoriuscita di una piccola quantità di mescola (compound) fluidificato dal riscaldamento. Così facendo non è necessario l'impiego del "ripasso con cazzuolino" che, al contrario, servirà solo per la citata verifica della "continuità di adesione fra i fogli". Ultimata la posa del primo strato si realizzerà quella del secondo, applicando le membrane nella medesima maniera, avendo però l'accortezza di sfalsare le giunzioni in modo da evitare l'incrocio fra più sovrapposizioni. Il rivestimento dei volumi tecnici e/o dei muretti perimetrali, in prossimità delle guscie, dovrà essere effettuato raddoppiando il manto e rendendolo indipendente dal rivestimento delle opere orizzontali. In tal modo, pur garantendo la completa tenuta all'acqua, si eviteranno pericolose tensioni che inevitabilmente si formano nell'incrocio fra le parti piane e quelle verticali.

Completata la posa anche del secondo strato di membrane ed eseguite le prove di tenuta all'acqua che non potranno essere inferiori a 36 ore, si procederà alla stesura di un tessuto non tessuto di caratteristiche come definite nell'apposto paragrafo in modo da realizzare lo strato di separazione che garantirà nel tempo l'indipendenza tra l'elemento di tenuta e lo strato di protezione che sarà realizzato, a sua volta, da un massetto in calcestruzzo dello spessore non inferiore a 5 cm armato con rete metallica elettrosaldata e dotato di giunti di dilatazione opportunamente sigillati con bitume a caldo o appositi mastici tixotropici.

4.5 Water-stop

Ove i disegni di progetto lo prevedano o quando la Direzione Lavori lo ritenga opportuno si provvederà a guarnire le riprese di getto con giunti tipo water-stop la cui fornitura e posa è compensata a parte. I giunti water-stop sono costituiti da membrane elastiche o, alternativamente qualora previsto dal progetto o accettato dalla D.L., da cordoni idroespansivi.

4.5.1 Membrane elastiche in PVC

La sigillatura dei giunti di strutture in cemento armato, quando richiesta dal progetto o dalla D.L., dovrà essere realizzata con elementi preformati fabbricati per estrusione di composti di PVC, aventi le caratteristiche riportate in Tabella 2.5. Gli elementi dovranno prevedere bulbi terminali per una migliore adesione al calcestruzzo.

Specie nei giunti di parete, dovranno prendersi le opportune precauzioni (p.es. utilizzo di flange terminali forate ancorate a mezzo di fil di ferro con le barre di armatura) affinché il water-stop rimanga in posizione ortogonale senza piegarsi sotto la spinta del calcestruzzo durante la fase di getto.

Adottando pezzi speciali appositamente prodotti, si dovranno ridurre le giunzioni da eseguirsi in cantiere alle sole giunzioni testa-testa o per collegare giunzioni speciali. In questi casi si dovrà utilizzare saldature a caldo per fusioni del PVC. Le parti terminali da giuntare dovranno essere tagliate a squadra ed allineate attraverso apposito dispositivo portatile.

I giunti così realizzati dovranno costituire una rete continua, come da indicazioni progettuali.

Tabella 4.5: Caratteristiche dei giunti water-stop con membrane elastiche in PVC

larghezza	$\geq 200\text{mm}$
spessore	$\geq 4\text{mm}$
Allungamento a rottura	$\geq 200\%$

4.5.2 Cordoni idroespansivi

Quando previsto dal progetto o disposto dalla D.L., gli isolamenti idraulici tra giunti dovranno essere costituiti da Water-stop costituiti da gomma naturale o da nastri bentonitici, che garantiscano un'espansione libera in acqua di almeno 5 volte il volume originale o lineare di almeno 8mm, ed una pressione sulle interfacce di confinamento di almeno $2,5\text{N/mm}^2$.

Il water stop idroespansivo dovrà disporre di film protettivo od altri accorgimenti similari atti ad evitare che il nastro si espanda accidentalmente prima di almeno dalla fase di costruzione. Il giunto water stop dovrà essere disposto su una superficie preventivamente spianata e levigata.

4.6 Strato di protezione orizzontale

Strato di irrigidimento realizzato con cappetta cementizia di opportuno spessore, armata con rete elettrosaldata. Tale massetto sarà realizzato facendo attenzione che non vada a ricoprire i piedini dei giunti Waterstop.

A questo scopo, prevedere il posizionamento di fodere in legno sullo strato anti-imbibizione facendo attenzione a non fissarle al piano sottostante mediante chiodatura.

Seguirà la posa in opera delle armature metalliche e successivo getto di cls per formazione soletta di fondazione.

4.7 Tubo di drenaggio longitudinale a tergo dell'impermeabilizzazione

Eventuali tubi di drenaggio da porre in opera a tergo dell'impermeabilizzazione, salvo diverse indicazioni tecniche indicate negli elaborati di progetto, dovranno essere in PVC rigido del diametro nominale non inferiore a 150 mm e avere le pareti corrugate e forate e la suola di base liscia e stagna.

5. MODALITÀ DI ESECUZIONE

5.1 Generalità

L'applicazione della membrana impermeabile dovrà avvenire in condizioni di buona visibilità e in assenza di fumi. L'Appaltatore dovrà mantenere il luogo di lavoro pulito, privo di acqua, fango e residui oleosi.

Tutte le operazioni di montaggio dei componenti dell'impermeabilizzazione dovranno essere eseguite da personale altamente specializzato sotto la guida di assistenti tecnici qualificati che opereranno anche in base alle raccomandazioni dei produttori dei materiali utilizzati e secondo le procedure preventivamente approvate dalla Direzione Lavori

Il livello di specializzazione del personale addetto alla posa dell'impermeabilizzazione dovrà essere dimostrato da precedenti esperienze in imprese di riconosciuta esperienza nel settore specifico delle impermeabilizzazioni di opere in strutture in sotterraneo.

Gli applicatori dovranno essere muniti di abilitazione all'esecuzione di termosaldatura manuale rilasciata da un organismo riconosciuto.

L'applicazione dei componenti dell'impermeabilizzazione dovrà avvenire esclusivamente mediante attrezzature specifiche progettate per questo scopo.

La documentazione dovrà essere corredata dai certificati di controllo emessi da un organismo riconosciuto.

5.2 Preparazione della superficie

La struttura impermeabile dovrà essere applicata su di una superficie regolare, con rugosità superficiale minore di 3 mm, pulita, priva di materiali inconsistenti e di corpi estranei quali chiodi, elementi sporgenti, fibre metalliche, ecc.

Per le gallerie scatolari dovrà essere applicata una protezione della membrana impermeabile in corrispondenza degli spigoli realizzata mediante la preventiva applicazione a ridosso gli spigoli di una banda in PVC, della larghezza di 500 mm, resistente alla perforazione o mediante applicazione di altri dispositivi che dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

Prima di iniziare l'installazione, in tutti i casi, è indispensabile provvedere alle seguenti operazioni preliminari:

- eliminare dal piano di posa ogni asperità e sostanza anche polverizzata che possa compromettere l'aderenza o provocare il punzonamento del manto impermeabile
- regolarizzare la superficie di posa colmando eventuali buchi o avvallamenti con malta cementizia o calcestruzzo proiettato; bulloni, teste dei tiranti, piastre di ripartizione, tubi e altri elementi in acciaio dovranno essere regolarizzati mediante taglio e riporto di malta cementizia ad alta adesione.
- in presenza di ghiaccio e/o acqua è obbligatorio assicurare una totale asciugatura del piano: l'umidità spesso non è chiaramente visibile e restando imprigionata sotto le membrane può essere causa di problemi all'interno del pacchetto impermeabile
- iniziare le operazioni di posa solo dopo una opportuna stagionatura degli strati cementizi sottostanti e solo dopo una completa asciugatura del piano di posa per evitare permanenza di vapore acqueo sotto la membrana

Qualora la Direzione Lavori riscontri il mancato rispetto di quanto sopra indicato l'Appaltatore dovrà procedere all'applicazione di uno strato di regolarizzazione di calcestruzzo proiettato al fine di garantire i valori previsti.

Prima dell'applicazione dell'impermeabilizzazione l'Appaltatore dovrà redigere un verbale in contraddittorio con la Direzione Lavori nel quale riportare lo stato della superficie del supporto ed eventualmente descrivere i provvedimenti da adottare per eliminare i difetti.

Nei punti o zone in cui vi siano infiltrazioni d'acqua di particolare intensità si dovrà applicare sul conglomerato cementizio proiettato uno strato drenante.

Lo strato drenante dovrà essere collegato al sistema di drenaggio situato alla base dei piedritti o direttamente al canale centrale con tubi in PVC non fessurati.

La scelta del tipo di materiale da utilizzare sarà subordinata all'entità dell'infiltrazione.

L'Appaltatore dovrà comunque motivare per scritto la scelta alla Direzione Lavori

Lo strato drenante dovrà essere ricoperto da conglomerato cementizio proiettato armato con rete elettrosaldata opportunamente ancorata al supporto.

6. ALTRE PRESCRIZIONI

6.1 Confezionamento e trasporto

Ciascun carico pervenuto in cantiere dovrà essere accompagnato dal certificato di origine del produttore, sul quale dovranno essere riportate le caratteristiche del prodotto. Tutti i materiali dovranno essere adeguatamente imballati nello stabilimento di produzione e protetti in modo da non venir danneggiati o deteriorati durante il trasporto.

Sia durante il trasporto che durante lo stoccaggio o la movimentazione, i rotoli dovranno essere mantenuti in posizione verticale (in piedi) su superfici lisce e piane.

Ciascun rotolo dovrà pertanto essere imballato con polietilene scuro o nero per evitare l'esposizione prolungata ai raggi ultravioletti e garantire l'ermeticità durante il trasporto. Durante il trasporto si dovrà avere cura che sia evitato ogni contatto, in qualsiasi punto, con oggetti che possano causare graffi, tagli o lacerazioni, anche di minima entità alle membrane.

Nelle fasi di scarico e movimentazione dovranno evitarsi impatti violenti con il terreno. Non movimentare con gru i rotoli in posizione orizzontale.

Sull'imballaggio dovranno essere chiaramente leggibili i seguenti dati:

- il nome del produttore;
- le dimensioni caratteristiche;
- il numero del tipo o la sigla;
- la data di fabbricazione.

I materiali dovranno riportare stampigliata su un bordo almeno ogni 3 (tre) metri, la sigla identificativa del prodotto come risultante dai cataloghi di produzione.

I materiali non rispondenti alle prescrizioni suddette dovranno essere identificati, segregati e tempestivamente rimossi dal luogo di stoccaggio a totale carico dell'Appaltatore.

6.2 Immagazzinamento

Tutti i materiali dovranno essere immagazzinati in luogo asciutto e ben ventilato, a temperatura non inferiore a +5°C. Evitare assolutamente la permanenza all'aperto con temperature inferiori a +5°C e superiori a +30°C.

Il magazzino e le modalità di stoccaggio dovranno essere conformi alle indicazioni del produttore e approvati dalla Direzione Lavori

Nel caso i materiali dovessero sostare temporaneamente all'esterno, dovranno essere adeguatamente coperti e protetti in modo da evitare qualsiasi deterioramento. I materiali deteriorati non potranno essere utilizzati e dovranno essere identificati, segregati e tempestivamente rimossi dal luogo di stoccaggio a totale carico dell'Appaltatore.

7. CONTROLLI E PROVE

7.1 Prove per la verifica delle caratteristiche dei materiali

Ogni 20.000 m² in opera dovranno essere prelevati, almeno 4 (quattro) m² di geotessile, di membrana impermeabile ed eventualmente degli altri materiali utilizzati, al fine di verificare la conformità delle caratteristiche indicate nel precedenti paragrafi.

7.2 Prova di verifica delle termosaldature per pressione

Il canale compreso fra le due saldature parallele della giunzione delle membrane in PVC dovrà essere provato mediante immissione di aria in pressione da una estremità, dopo aver proceduto alla occlusione dell'altra estremità. La pressione di prova dovrà essere registrata con idoneo dispositivo dotato di manometro.

Dovrà essere raggiunta la pressione stabilizzata di 200 kPa che verrà mantenuta per un tempo di 10 (dieci) minuti.

Il collaudo risulterà favorevole nel caso in cui il valore non subisca una caduta superiore al 20%.

Al termine della prova il manometro dovrà essere azzerato procedendo all'apertura dell'occlusione sul lato opposto.

Nel caso che una prova di tenuta della saldatura dia esito negativo e non possa essere ripristinata l'Appaltatore dovrà provvedere a suo carico o alla sostituzione del materiale adiacente alla saldatura o al completo ricoprimento di tutta la saldatura stessa con una banda della larghezza di 15 cm che dovrà essere sottoposta a prova VACUUM.

7.3 Prova per depressione mediante campana Vacuum

La campana Vacuum dovrà essere posizionata su parte del tratto da controllare i cui contorni verranno visibilmente delimitati.

La depressione dovrà essere portata fino al valore di 20 kPa e rimanere stabile per 5 (cinque) minuti. La prova successiva dovrà sovrapporre la precedente di almeno 20 mm.

In caso di risultato negativo il punto di infiltrazione dovrà essere individuato applicando acqua saponata sulla zona sottoposta a prova.

7.4 Prova delle saldature manuali con sondino ricurvo.

La prova deve essere eseguita in corrispondenza del perimetro delle giunzioni che sono state realizzate manualmente con l'impiego del dispositivo erogatore di aria calda (riparazioni, raccordi a tubi passanti, ecc.).

La prova si esegue con un apposito sondino (punteruolo con parte terminale della lunghezza di circa 2 cm piegata di 90° e punta arrotondata) il quale viene utilizzato per esercitare manualmente una pressione costante in corrispondenza del cordolino di PVC presente ai margini della giunzione.

L'assenza del cordolino, o la penetrazione del sondino fra i lembi della giunzione, implicano la necessità di procedere al completo ripristino della saldatura.

8. CONTROLLI DI QUALITÀ

8.1 Generalità

L'Appaltatore dovrà redigere - e sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori almeno 30 giorni prima del previsto inizio della lavorazione - il documento; "PIANO DI QUALITÀ DI COSTRUZIONE E INSTALLAZIONE – "IMPERMEABILIZZAZIONI".

Il piano di qualità di costruzione e installazione (PQCI) sarà redatto sulla base dell'indice generale e relativi contenuti indicati nell' ALLEGATO 1 al presente CSA – Parte B.

Le prove ed i controlli sono a carico dell'Appaltatore e saranno eseguiti in conformità al PROGRAMMA DELLE PROVE E DEI CONTROLLI contenuto nel PQCI.

8.2 Documentazione e controlli di conformità

L'Appaltatore dovrà inviare almeno 30 giorni prima dell'inizio dei lavori di posa dell'impermeabilizzazione i seguenti documenti ed elaborati che dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori:

a) Elementi sulla Produzione dei materiali:

- cataloghi dei prodotti, numero del modello e loro idoneità per l'impiego previsto (in lingua originale con eventuale traduzione in italiano);
- caratteristiche dei materiali e metodi di prova per la relativa verifica;
- caratteristiche di resistenza delle giunzioni a seguito della termosaldatura.

I valori dichiarati dovranno essere omologati da organismi di controllo autorizzati.

b) Dichiarazioni dell'Appaltatore sull'utilizzo del materiale proposto:

L'Appaltatore dovrà fornire una chiara relazione descrittiva riguardante:

- le procedure costruttive e i metodi di installazione del geotessile non tessuto e della membrana impermeabile che dovrà comprendere anche la metodologia utilizzata per l'esecuzione delle giunzioni e delle riparazioni;
- le modalità di collegamento tra il rivestimento della galleria artificiale e quella a foro cieco;
- i sistemi di fissaggio e sostegno della struttura di impermeabilizzazione;
- i particolari costruttivi per il raccordo della impermeabilizzazione con tubazioni, pezzi speciali od altri elementi passanti del sistema di drenaggio.

c) Campionamenti

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori i campioni dei materiali proposti sui quali far eseguire le prove previste e/o altre prove che verranno indicate dalla Direzione Lavori medesima in base a motivate richieste.

Tali campioni consisteranno almeno in:

- n°1 campione di geotessile non tessuto di 4 mq;
- n°1 campione di membrana impermeabile di 4 mq;
- n°1 campione di lastra semirigida a elevata capacità drenante (se utilizzata);
- n°1 campione costituito da un bottone di fissaggio e relativo chiodo;
- n°1 campione di giunto saldato alla lunghezza di almeno 1 m assemblato;
- n°1 campione completo della struttura costituente l'impermeabilizzazione;
- n°1 campione di prodotti a base di bentonite sodica (se utilizzati).

I campioni dovranno essere inviati a un laboratorio autorizzato.

I materiali potranno essere impiegati solo dopo che i risultati delle prove sui campioni avranno dimostrato la conformità degli stessi alle prescrizioni.

I materiali forniti che non saranno conformi, anche solo in parte, alle presenti prescrizioni non potranno essere utilizzati e dovranno essere identificati, segregati e tempestivamente rimossi dal luogo di stoccaggio a totale carico dell'Appaltatore.

SEZIONE 10B – GALLERIE NATURALI

1. DEFINIZIONI

La presente specifica riguarda le guaine impermeabili e relativi sistemi accoppiati di geotessile non tessuto utilizzati per l'impermeabilizzazione delle gallerie naturali. Comprende inoltre le sigillature impermeabilizzanti dei giunti di ripresa del calcestruzzo a mezzo di sistemi tipo water-stop.

Le procedure di posa descritte sono riferite a sezioni con variazioni longitudinali graduate; in casi differenti, in presenza di brusche variazioni di sezione, l'appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori il metodo specifico con il quale intende affrontare la circostanza al fine di garantire la continuità della impermeabilizzazione.

2. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Di norma la struttura di impermeabilizzazione potrà essere realizzata con una membrana termoplastica impermeabile in cloruro di polivinile (PVC) o in alternativa in lega di poliolefine (FPO) coestrusa, dello spessore non inferiore a 2.0 mm e da due strati di protezione, costituiti da geotessile non tessuto agugliato in fibre lunghe di polipropilene di massa non inferiore a 500 grammi al metro quadrato disposti uno al di sopra ed uno al di sotto della membrana. In alternativa al geotessile potrà essere utilizzata sul lato esterno a contatto con il terreno una struttura ad alto potere filtrante. Lo strato di protezione dovrà essere scelto per assolvere alle funzioni di drenaggio e di protezione meccanica della membrana impermeabile contro il punzonamento statico esercitato dal materiale di riporto

Per la realizzazione dell'impermeabilizzazione sono compresi i seguenti oneri a carico dell'Appaltatore:

- il montaggio e smontaggio delle attrezzature mobili e dei ponteggi;
- la ventilazione al fine di assicurare anche in sommità di calotta un'atmosfera sana;
- l'illuminazione del luogo di lavoro
- la fornitura di aria compressa, energia elettrica e altre attrezzature ausiliarie;
- l'esecuzione di tutte le prove previste nelle presenti prescrizioni e delle eventuali prove aggiuntive previste dal progettista e/o richieste dalla DIREZIONE LAVORI in corso d'opera, per motivate esigenze;
- la disponibilità continua in cantiere delle attrezzature necessarie alle prove di controllo

3. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

Quando previsto dal progetto o prescritto dalla Direzione Lavori si procederà alla impermeabilizzazione della superficie di estradosso delle opere in muratura applicando le guaine impermeabili, poste in opera tra due strati di geotessile non tessuto e per le solette di copertura con annesso film in polietilene distaccante anti imbibizione.

La posa in opera dell'impermeabilizzazione dovrà essere preceduta dalla preparazione del supporto comprendente:

- ⇒ pulizia mediante lavaggio con acqua in pressione (almeno 50 bar) della superficie su cui avverrà la posa,
- ⇒ nel caso di posa sulla superficie delle paratie, messa in opera di un conglomerato cementizio per regolarizzare la parete al fine di eliminare eventuali dislivelli o imperfezioni.

La guaina impermeabile verrà stesa in senso trasversale all'asse dell'opera da impermeabilizzare, con i giunti sovrapposti di 10 cm e dovrà essere fissata ai listoni in PVC mediante termosaldatura.

La guaina dovrà presentarsi ben distesa, senza pieghe e parti in tensione.

Si procederà quindi alla saldatura dei giunti per termofusione con apposite saldatrici a controllo automatico di velocità, temperatura e pressione, predisposte per effettuare una doppia saldatura senza soluzione di continuità da un estremo all'altro del giunto, in modo da permettere la prova di tenuta del giunto ad aria compressa e/o con liquidi colorati. Il sistema da adottare sarà indicato ad esclusiva discrezione della Direzione Lavori; in ogni caso, l'Appaltatore dovrà attrezzarsi per eseguire entrambi i metodi di prova.

E' preferibile il sistema a liquidi colorati perché l'eventuale perdita è immediatamente individuabile anche ad occhio.

Nelle gallerie a foro cieco l'impermeabilizzazione dovrà essere realizzata, all'intradosso del rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato, in modo tale da risultare compresa, a opera finita, tra il

rivestimento di prima fase e il rivestimento finale. Laddove previsto dal progetto, l'impermeabilizzazione dovrà essere chiusa ad anello, comprendendo pertanto oltre la calotta anche l'arco rovescio.

Anche in questo caso, la struttura di impermeabilizzazione dovrà essere costituita da una membrana termoplastica impermeabile in FPO o in PVC dello spessore non inferiore a 2 mm e da uno strato di protezione, applicato in aderenza al conglomerato cementizio proiettato, costituito da un geotessile non tessuto agugliato in fibre lunghe di polipropilene o poliestere di massa non inferiore a 500 grammi al metro quadrato.

In alternativa al geotessile potrà essere utilizzata una struttura ad alto potere filtrante, previo assenso della Direzione Lavori. Lo strato di protezione dovrà essere scelto per assolvere alle funzioni di drenaggio e di protezione meccanica della membrana impermeabile contro il punzonamento statico esercitato dal supporto durante il getto del rivestimento finale.

L'impermeabilizzazione per la galleria naturale del presente Lotto sarà prevista full-round..

3.1 Altre prescrizioni

3.1.1 Confezionamento e trasporto

Ciascun carico pervenuto in cantiere dovrà essere accompagnato dal certificato di origine del produttore sul quale dovranno essere riportate le caratteristiche del prodotto. Tutti i materiali dovranno essere adeguatamente imballati nello stabilimento di produzione e protetti in modo da non venir danneggiati o deteriorati durante il trasporto. Ciascun rotolo dovrà pertanto essere imballato con polietilene scuro o nero per evitare l'esposizione prolungata ai raggi ultravioletti e garantire l'ermeticità durante il trasporto.

Sull'imballaggio dovranno essere chiaramente leggibili i seguenti dati:

- il nome del produttore;
- le dimensioni caratteristiche;
- il numero del tipo o la sigla;
- la data di fabbricazione.

I materiali dovranno riportare stampigliata su un bordo almeno ogni 3 (tre) metri la sigla identificativa del prodotto come risultante dai cataloghi di produzione.

I materiali non rispondenti alle prescrizioni suddette dovranno essere identificati, segregati e tempestivamente rimossi dal luogo di stoccaggio a totale carico dell'Appaltatore.

3.1.2 Immagazzinamento

Tutti i materiali dovranno essere immagazzinati in luogo asciutto e ben ventilato.

Il magazzino e le modalità di stoccaggio dovranno essere conformi alle indicazioni del produttore e approvati dalla Direzione Lavori

Nel caso i materiali dovessero sostare temporaneamente all'esterno, dovranno essere adeguatamente coperti e protetti in modo da evitare qualsiasi deterioramento.

I materiali deteriorati non potranno essere utilizzati e dovranno essere identificati, segregati e tempestivamente rimossi dal luogo di stoccaggio a totale carico dell'Appaltatore.

4. MATERIALI

4.1 Membrana impermeabile in FPO o PVC

La guaina impermeabile dovrà essere costituita da poliolefine elastomerizzate a base polipropilenica (FPO) o in alternativa da cloruro di polivinile (PVC) Il materiale dovrà essere qualificato prima dell'impiego secondo i valori indicati nella tabella 11.1 seguente.

Le prove dovranno essere effettuate a spese dell'Appaltatore presso laboratori qualificati ed approvati dalla Direzione Lavori, preliminarmente sul materiale approvvigionato in cantiere, prima del suo impiego, e successivamente sul materiale prelevato durante il corso dei lavori, ogni volta che la Direzione Lavori lo riterrà opportuno.

La membrana impermeabile potrà essere:

- composta da due strati di colore contrastante con quello dello strato sottostante, quest'ultimo prodotto da materia prima vergine, al fine di consentire una più agevole individuazione di eventuali strappi o danni arrecati in fase di produzione, trasporto, installazione oppure dalle attività di cantiere successive alla posa in opera prima o durante il getto di rivestimento;
- traslucida.

Le termosaldature per le congiunzioni dei fogli della membrana non dovranno provocare fenomeni di distacco fra i due strati componenti. Prima dell'inizio della posa dovranno essere eseguite saldature di prova al fine di verificare l'efficacia delle stesse e il comportamento della membrana.

La lunghezza di ogni rotolo dovrà essere almeno uguale o superiore allo sviluppo della sezione trasversale da rivestire poiché non saranno ammesse giunzioni trasversali nella membrana a eccezione dei tratti ove ricadono nicchie, nicchioni o cameroni.

Tabella 4.1: Caratteristiche della membrana impermeabile in FPO o PVC

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME RIFERIM.
Spessore (mm)	2.0 ± 5%	UNI EN 1849-1 UNI EN 1849-2
Carico a rottura (N/mm ²)	≥ 15,0	UNI EN 12311-1 UNI EN ISO 12311-2 Met. B
Allungamento a rottura (%)	≥ 250	UNI EN 12311-1 UNI EN ISO 12311-2 Met B
Resistenza alla lacerazione (N/mm)	≥ 100	UNI EN 12310-2
Impermeabilità all'acqua (10 ore a 1 Mpa)	Impermeabile	UNI EN 1928 Met. B
Resistenza della giunzione (N/mm ²)	≥ 10,5	UNI EN 12317-1 UNI EN 12317-2
Stabilità a caldo a + 70°C	Stabile	UNI EN 1110
Piegatura a freddo a – 30°C	Stabile	UNI EN 1109
Resistenza alle soluzioni acide e alcaline (variazione a 28gg)	± 20% dell'allungamento a rottura	DIN 16726
Comportamento al fuoco	classe B 2	DIN 4102/1
Idoneità al contatto con acqua potabile	Conforme	D.M. 21 Marzo 1973 e succ. aggiorn.

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero requisiti inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere. Nel caso di materiali già posti in opera, l'Appaltatore dovrà sospendere la lavorazione e procedere a sua cura e spese, alla loro rimozione ed alla sostituzione con materiali idonei.

Il produttore dovrà dimostrare che nessun componente della membrana in PVC migrando dalla massa nel lungo termine provochi effetti degradanti su:

- membrana in PVC stessa;
- geotessile di drenaggio ed eventuali strati protettivi;
- altri materiali o PVC quali waterstop, ecc.

4.2 Geotessili non tessuti

Dovrà essere costituito da un non tessuto di fibre di poliestere o in polipropilene con massa non inferiore a 500gr/mq coesionato meccanicamente per agugliatura di fibra lunga (maggiore di 60 mm), prodotto specificamente per le applicazioni dell'ingegneria civile, rispondente alle caratteristiche previste nella seguente Tabella.

Tabella 4.2: Caratteristiche del geotessile non tessuto

CARATTERISTICHE	POLIESTERE	POLIPROPILENE	NORME RIFERIM
Peso	500 g/mq	500 g/mq	
Massa areica	500 ± 10 % g/mq	500 ± 10 % g/mq	Secondo UNI 5114
Carico a rottura	≥ 700 N/5cm	≥ 700 N/5cm	Secondo UNI EN 29073-3
Allungamento a rottura	≥ 60 %	≥ 60 %	Secondo UNI EN 29073-3
Resistenza alla perforazione	≥ 1100N	≥ 1200N	Secondo UNI 5421

Il geotessile dovrà essere esente da collanti, resine, altri additivi chimici e/o processi di termofusione, termocalandratura e termolegatura. Il geotessile non dovrà avere superficie liscia, dovrà apparire uniforme, resistere agli agenti chimici, alle cementazioni naturali imputrescibile ed atossico, avere resistenza alle alte temperature e dovrà comunque essere atossico.

I geotessili saranno a filo continuo quando il filamento ha lunghezza teoricamente illimitata; a fiocco quando la lunghezza del filamento varia tra 60 e 100 mm.

4.2.1 Strato distaccante anti imbizione

Lo strato distaccante antiimbibizione è realizzato con film di polietilene a basse densità; è posato a secco con bordi sovrapposti di 10 cm incollati con banda biadesiva.

Le caratteristiche dello strato distaccante sono indicate nella seguente tabella.

Tabella 4.3: Caratteristiche dello strato distaccante anti imbizione

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME RIFERIM.
Spessore	0.40mm	
Permeanza al vapor d'acqua	0.221 g/mq x 24h	Secondo UNI EN 1931
Fattore di resistenza alla diffusione del vapor d'acqua (μ a 23°C)	Circa 450.000	Secondo UNI EN 1931
Allungamento a rottura	≥ 300 %	Secondo UNI EN 1931

4.3 Water-stop

Ove i disegni di progetto lo prevedano o quando la Direzione Lavori lo ritenga opportuno si provvederà a guarnire le riprese di getto con giunti tipo water-stop la cui fornitura e posa è compensata a parte. I giunti water-stop sono costituiti da membrane elastiche o, alternativamente qualora previsto dal progetto o accettato dalla Direzione Lavori, da cordoni idroespansivi.

4.3.1 Membrane elastiche in PVC

La sigillatura dei giunti di strutture in cemento armato, quando richiesta dal progetto o dalla Direzione Lavori, dovrà essere realizzata con elementi preformati fabbricati per estrusione di composti di PVC, aventi le caratteristiche riportate in tab 5.3. Gli elementi dovranno prevedere bulbi terminali per una migliore adesione al calcestruzzo.

Specie nei giunti di parete, dovranno prendersi le opportune precauzioni (p.es. utilizzo di flange terminali forate ancorate a mezzo di fil di ferro con le barre di armatura) affinché il water-stop rimanga in posizione ortogonale senza piegarsi sotto la spinta del calcestruzzo durante la fase di getto.

Adottando pezzi speciali appositamente prodotti, si dovranno ridurre le giunzioni da eseguirsi in cantiere alle sole giunzioni testa-testa o per collegare giunzioni speciali. In questi casi si dovrà utilizzare saldature a caldo per fusioni del PVC. Le parti terminali da giuntare dovranno essere tagliate a squadra ed allineate attraverso apposito dispositivo portatile.

I giunti così realizzati dovranno costituire una rete continua, come da indicazioni progettuali.

Tabella 4.4: Caratteristiche dei giunti water-stop con membrane elastiche in PVC

larghezza	>=200mm
Spessore	>=4mm
Allungamento a rottura	>=200%

4.3.2 Cordoni idroespansivi

Quando previsto dal progetto o disposto dalla Direzione Lavori, gli isolamenti idraulici tra giunti dovranno essere costituiti da Water-stop costituiti da gomma naturale o da nastri bentonitici, che garantiscano un'espansione libera in acqua di almeno 5 volte il volume originale o lineare di almeno 8mm, ed una pressione sulle interfacce di confinamento di almeno 2,5N/mm².

Il water stop idroespansivo dovrà disporre di film protettivo od altri accorgimenti simili atti ad evitare che il nastro si espanda accidentalmente prima di almeno della fase di costruzione. Il giunto water stop dovrà essere disposto su una superficie preventivamente spianata e levigata.

4.4 Giunto a tenuta idraulica per riprese di getto ed opere singolari

Si tratta di un giunto a tenuta idraulica tra le superfici di ripresa di getto in calcestruzzo, applicabile anche nei punti singolari (p.e.: innesti delle strutture dei pozzi nella sagoma della galleria di linea, etc..) dove è riscontrabile una discontinuità nel sistema di impermeabilizzazione. Questi punti di discontinuità dovranno essere curati con particolare attenzione dall'Appaltatore affinché non costituiscano potenziali debolezze nel sistema di impermeabilizzazione.

Il giunto potrà essere realizzato tramite iniezione di resine idro espandenti iniettate fino a pressione di 6.0 MPa, attraverso un tubo flessibile, preventivamente posizionato sulle superfici da sigillare. La superficie indurita, preparate con idro-pulizia in pressione, dovrà essere perfettamente liscia, pulita, asciutta, esente da impurità, alveoli, nidi di ghiaia, parti staccate o staccabili.

Per l'iniezione dovrà essere utilizzata resina acrilica bicomponente avente viscosità non maggiore di 100 Pa•s e Massa Volumica maggiore di 1.08 g/cm³, idroespandente dopo il consolidamento, atossica.

La miscelazione dei componenti, in rapporto 1:1, con un agitatore di almeno 1500 giri al minuto, dovrà avvenire al momento dell'inizio dell'iniezione al fine di prevenire fenomeni di alterazione delle caratteristiche del composto, Lo stesso composto dovrà comunque avere un tempo di latenza, prima del consolidamento, di almeno 60 minuti a 20 °C.

L'iniezione della resina, da effettuare non prima di 20 giorni dal getto, dovrà avvenire lentamente fino alla fuoriuscita dall'altra estremità del tubo.

In alternativa o ad integrazione del giunto iniettato, si potrà applicare a spruzzo, successivamente al getto del rivestimento definitivo, un trattamento integrativo di sigillatura con miscele cementizie a cristallizzazione osmotica, rispondenti alle seguenti specifiche tecniche:

Penetrazione su calcestruzzo dopo 28 giorni di maturazione (al microscopio elettronico):	>= 5cm
Penetrazione su calcestruzzo dopo 28 giorni di maturazione (al microscopio elettronico):	>= 25cm
Test di resistenza alla pressione idrostatica negativa DIN 1048/ UNI EN 12390-8:	>= 10bar
Test di resistenza chimica ASTM C 267-77	pH da 3 a 12
Pontate di fessurazioni	<0,5mm

Sarà obbligo dell'appaltatore garantire costanti condizioni di umidità sulla boiacca cementizia spruzzata nei 10-15 giorni successivi alla posa.

Salvo diverse prescrizioni, il trattamento dovrà applicarsi su una fascia continua, di larghezza 2m, a cavallo dei giunti. A discrezione della Direzione Lavori l'applicazione potrà essere estesa ad altre tratte critiche dal punto di vista della tenuta idraulica.

In tutti i casi l'Appaltatore dovrà farsi carico di studiare e sperimentare tutti i dettagli costruttivi più appropriati al fine di garantire l'assoluta sicurezza nel tempo del sistema di impermeabilizzazione.

4.5 Tubo di drenaggio longitudinale a tergo dell'impermeabilizzazione

Eventuali tubi di drenaggio da porre in opera a tergo dell'impermeabilizzazione, dovranno essere in PVC rigido e avere le pareti corrugate e forate e la suola di base liscia e stagna.

5. MODALITÀ DI ESECUZIONE

5.1 Generalità

L'applicazione della membrana impermeabile dovrà avvenire in condizioni di buona visibilità e in assenza di fumi in calotta. L'Appaltatore dovrà mantenere il luogo di lavoro pulito, privo di acqua, fango e residui oleosi. Tutte le operazioni di montaggio dei componenti dell'impermeabilizzazione dovranno essere eseguite da personale altamente specializzato sotto la guida di assistenti tecnici qualificati che opereranno anche in base alle raccomandazioni dei produttori dei materiali utilizzati e secondo le procedure preventivamente approvate dalla Direzione Lavori

Il livello di specializzazione del personale addetto alla posa dell'impermeabilizzazione dovrà essere dimostrato da precedenti esperienze in imprese di riconosciuta esperienza nel settore specifico delle impermeabilizzazioni di gallerie.

Gli applicatori dovranno essere muniti di abilitazione all'esecuzione di termosaldatura manuale rilasciata da un organismo riconosciuto.

L'applicazione dei componenti dell'impermeabilizzazione dovrà avvenire esclusivamente mediante attrezzature specifiche progettate per questo scopo.

I ponteggi dovranno essere del tipo a portale, semoventi, dotati di dispositivo estensibile a navetta che consentirà lo svolgimento e l'applicazione controvolta della struttura impermeabile per tutto lo sviluppo della sezione trasversale.

L'attrezzatura di posa dovrà essere preventivamente accettata dalla Direzione Lavori

La documentazione dovrà essere corredata dai certificati di controllo emessi da un organismo riconosciuto.

5.2 Preparazione della superficie

La struttura impermeabile dovrà essere applicata su di una superficie regolare, con rugosità superficiale minore di 5 mm, pulita, priva di materiali inconsistenti e di corpi estranei quali chiodi, elementi sporgenti, fibre metalliche, ecc.

Bulloni, teste dei tiranti, piastre di ripartizione, tubi e altri elementi in acciaio dovranno essere regolarizzati mediante taglio e riporto di malta cementizia ad alta adesione.

Il calcestruzzo proiettato rinforzato con fibre metalliche dovrà essere ricoperto da uno strato di 5 cm di calcestruzzo proiettato senza fibre ma con i medesimi requisiti di base di quello sottostante.

Tutte le eventuali protuberanze o cavità del supporto dovranno avere un raggio di curvatura non inferiore a 0.30 m e un rapporto saetta/corda \leq a 0.20 (1/5).

Qualora la Direzione Lavori riscontri il mancato rispetto di quanto sopraindicato l'Appaltatore dovrà procedere all'applicazione di uno strato di regolarizzazione di calcestruzzo proiettato al fine di garantire i valori previsti.

Prima dell'applicazione dell'impermeabilizzazione l'Appaltatore dovrà redigere un verbale in contraddittorio con la Direzione Lavori nel quale riportare lo stato della superficie del supporto ed eventualmente descrivere i provvedimenti da adottare per eliminare i difetti.

Nei punti o zone in cui vi siano infiltrazioni d'acqua di particolare intensità si dovrà applicare sul conglomerato cementizio proiettato uno strato drenante.

Lo strato drenante dovrà essere collegato al sistema di drenaggio situato alla base dei piedritti o direttamente al canale centrale con tubi in PVC non fessurati.

La scelta del tipo di materiale da utilizzare sarà subordinata all'entità dell'infiltrazione.

L'Appaltatore dovrà comunque motivare per scritto la scelta alla Direzione Lavori

Lo strato drenante dovrà essere ricoperto da conglomerato cementizio proiettato armato con rete elettrosaldata opportunamente ancorata al supporto.

5.3 Applicazione del geotessile con funzione antipunzonamento

Sul supporto preparato come indicato nel paragrafo precedente dovrà essere steso uno strato di geotessile non tessuto a fiocco in polipropilene, del peso di 500g/mq, con funzione antipunzonante.

Il geotessile verrà steso procedendo in senso trasversale all'asse dell'opera da impermeabilizzare, sovrapponendo i bordi di 20 cm e pressandoli con listoni in PVC fissati al supporto con chiodi a sparo. I listoni in PVC, ai quali successivamente dovrà essere saldata per termofusione la guaina impermeabile dovranno avere una speciale sagomatura per evitare che le teste dei chiodi di fissaggio possano venire in contatto con la soprastante guaina.

Le rondelle dovranno avere un diametro non inferiore a 100 mm e dovranno essere fissate sulla superficie mediante chiodi a sparo e/o a percussione.

I chiodi non perfettamente infissi e/o mobili, che potrebbero danneggiare la membrana durante la fase del getto, dovranno essere rimossi.

Le rondelle (o i listoni) dovranno essere collocate in prossimità del fondo di eventuali cavità del supporto e dovranno essere disposte in numero variabile in funzione della loro posizione rispetto alla verticale:

- nella zona centrale della calotta per una larghezza di 6 m circa dovranno essere posizionate almeno 4 rondelle per ciascun metro quadrato (un listone ogni metro);
- in corrispondenza delle reni e dei piedritti dovranno essere posizionate almeno 2 (due) rondelle per metro quadrato (un listone ogni metro e mezzo).

Il geotessile dovrà essere installato in aderenza al supporto in conglomerato cementizio proiettato; ciascun elemento applicato trasversalmente e adeguatamente sovrapposto non dovrà presentare più di una saldatura trasversale.

Tutti i fissaggi del geotessile, indipendenti dal sistema di ancoraggio della membrana impermeabile in FPO o PVC, dovranno essere protetti o ricoperti dallo stesso geotessile al fine d'evitare eventuali fenomeni di punzonamento che potrebbero interessare la membrana impermeabile.

5.4 Applicazione dello strato di geotessile di protezione

Sulla guaina impermeabile sarà steso uno strato di geotessile non tessuto del peso di 500 g/mq, avente lo scopo di proteggere la guaina stessa. Il geotessile verrà posto in opera sovrapponendo i bordi di 30 cm e dovrà essere incollato al foglio di PVC; il numero di fogli di fissaggio sarà come minimo di 1 per mq.

5.5 Applicazione della membrana impermeabile in FPO o PVC

La membrana impermeabile in FPO o in PVC dovrà essere stesa in aderenza al geotessile trasversalmente all'asse galleria e ancorata mediante termosaldature alle rondelle applicate in precedenza per fissare il geotessile al supporto.

Tale fissaggio dovrà essere più debole rispetto alla resistenza allo strappo fornita della membrana.

Le membrane, prima della giunzione, dovranno risultare fra loro sovrapposte di almeno 100 mm.

Le giunzioni saranno di tipo piano, ottenute per semplice sovrapposizione delle membrane, e dovranno essere realizzate mediante speciali apparecchiature funzionanti a aria calda dotate di rulli opportunamente frizionati atti ad assicurare una doppia saldatura piana e parallela con interposto canale per la prova in pressione.

Ciascuna saldatura dovrà avere una larghezza non inferiore a 10 mm e lo spazio fra le saldature dovrà risultare minore di 15 mm.

Tutte le saldature dovranno essere sistematicamente sottoposte, per la loro intera estensione, alla prova di tenuta pneumatica realizzata secondo le modalità previste. Queste prove dovranno essere eseguite sistematicamente dall'Appaltatore che dovrà riportarne gli esiti sulla giunzione stessa (data, ora, esito), in modo indelebile, sottoponendole alla Direzione Lavori per accettazione.

Le saldature, prive del canale di prova verranno accettate solo per le riparazioni o per eventuali interventi particolari e dovranno essere registrate sul verbale della prova di controllo della tenuta.

La membrana non dovrà presentare giunzioni incrociate.

In caso contrario l'Appaltatore dovrà termosaldare sulle intersezioni un elemento quadrato di PVC, avente lato non inferiore a 20 cm, la cui tenuta dovrà essere verificata mediante prova per depressione con campana Vacuum.

La membrana dovrà avvolgere il tubo di drenaggio e lo strato a elevata capacità drenante ed essere fissata al supporto in corrispondenza della base dei piedritti in modo da impedire il rifluimento della malta cementizia verso il sistema drenante durante la fase di getto del rivestimento definitivo.

Ogni lacerazione passante o foro dovranno essere riparati mediante applicazione di una nuova membrana che dovrà avere una sovrapposizione perimetrale non inferiore a 15 cm.

La riparazione dovrà essere sottoposta a prova di tenuta mediante campana Vacuum.

Durante l'esecuzione ogni 1000 m di giunzione si dovrà prelevare un campione della giunzione stessa che verrà sottoposta a prova di trazione a rottura secondo la Norma DIN 16726.

La membrana non potrà essere applicata e termosaldata a temperature inferiori a +5°C.

5.6 Protezioni particolari del manto impermeabile

- a) In corrispondenza delle testate di ciascun anello del rivestimento definitivo, nel punto di applicazione della smorza, l'impermeabilizzazione dovrà essere protetta dalle azioni di punzonamento e/o danni accidentali dovuti al contatto con gli elementi della smorza stessa.

Tale protezione dovrà essere realizzata mediante preventiva applicazione sulla membrana impermeabile di una speciale banda in PVC, della larghezza di 500 mm, resistente alla perforazione o mediante applicazione di altri dispositivi che dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori. La membrana dovrà essere accuratamente protetta fino al termine del getto del rivestimento definitivo e durante le operazioni di rimozione degli elementi della smorza.

Prima della chiusura della cassaforma di getto l'Appaltatore dovrà redigere un verbale in contraddittorio con la Direzione Lavori sulle condizioni dell'impermeabilizzazione. In corrispondenza delle zone in cui la membrana è stata installata dovranno essere rimossi o adeguatamente protetti eventuali ferri emergenti o altri elementi che potrebbero danneggiarla. Nel caso in cui il rivestimento definitivo debba essere armato con barre o rete elettrosaldata, l'armatura dovrà essere mantenuta in posizione mediante speciali distanziatori plastici o elementi metallici pre-piegati idonei ad assicurare l'integrità dell'impermeabilizzazione.

- b) Qualora l'impermeabilizzazione venga estesa anche sotto l'arco rovescio e chiusa ad anello, nel caso quest'ultimo preveda l'armatura con barre di acciaio o rete elettrosaldata, la membrana impermeabile dovrà essere protetta con uno strato di geocomposito dello spessore non inferiore a 10cm e di grammatura non inferiore a 500 g/m² immediatamente dopo la posa.

Se è prevista una protezione con conglomerato cementizio dello spessore comunque non inferiore a 100 mm il transito dei mezzi sarà consentito quando il conglomerato cementizio avrà raggiunto una resistenza di almeno 5 MPa. In corrispondenza dell'attacco muretta-arco rovescio la membrana e la sua protezione dovranno debordare di almeno 60 cm rispetto al getto di 1^a fase o ai ferri di attesa.

In caso di sospensione dei getti per una durata superiore a sette giorni il bordo della membrana dovrà essere protetto con un'altra membrana, della larghezza di 40 cm, ripiegata e saldata a tenuta in corrispondenza dei due lati della membrana da proteggere.

Nei tratti di arco rovescio ove sono presenti infiltrazioni di acqua in pressione dovrà essere posizionato un drenaggio di servizio ad alta capacità drenante sotto il geotessile in corrispondenza della generatrice inferiore. Il drenaggio di servizio dovrà essere collegato al canale centrale della galleria.

- c) Nel caso in cui il rivestimento definitivo debba essere armato con barre, elementi radiali o rete elettrosaldata, l'armatura dovrà essere mantenuta in posizione mediante speciali distanziatori metallici passanti, ancorati al supporto dell'impermeabilizzazione, idonei a assicurare l'integrità della stessa mediante collegamento a tenuta.

Prima dell'inizio della posa dell'armatura l'Appaltatore dovrà sottoporre alla Direzione Lavori, per preventivo benessere, il sistema prescelto.

5.7 Applicazione di membrane e water-stop o in bentonite sodica

La posa in opera di tali materiali, qualora prescritto, dovrà avvenire esclusivamente in presenza di personale tecnico del fornitore che dovrà redigere e sottoscrivere i verbali di corretta posa in opera.

Nel caso di impiego della bentonite, sia in polvere pellettizzata che in miscela con agglomerati speciali, nella protezione e impermeabilizzazione del rivestimento in conglomerato cementizio, potranno essere impiegati i seguenti materiali:

- a) Pannello bentonitico

Pannello quadrato di lato non inferiore a 1 metro costituito da due fogli di cartone biodegradabile, riempito all'interno con circa 5Kg/mq di bentonite sodica; i pannelli dovranno essere fissati alle superfici con chiodi e collegati fra loro per semplice sovrapposizione.

- b) Membrana bentonitica

Dovrà essere costituita da un foglio di polietilene accoppiato a una miscela di bentonite sodica e gomma butilica e impiegata quando è necessario ridurre la pressione di rigonfiamento della bentonite. Il collegamento fra le membrane verrà realizzato per semplice sovrapposizione.

- c) Waterstop bentonitico

Cordoli composti da bentonite sodica e/o gomma butilica e contenuti in una rete metallica da utilizzare tra le riprese di getto.

6. CONTROLLI DI QUALITÀ

6.1 Generalità

L'Appaltatore dovrà redigere - e sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori almeno 30 giorni prima del previsto inizio della lavorazione - il documento; "PIANO DI QUALITÀ DI COSTRUZIONE E INSTALLAZIONE – "IMPERMEABILIZZAZIONI".

Il piano di qualità di costruzione e installazione (PQCI) sarà redatto sulla base dell'indice generale e relativi contenuti indicati nell' ALLEGATO 1 al presente CSA – Parte B.

Le prove ed i controlli sono a carico dell'Appaltatore e saranno eseguiti in conformità al PROGRAMMA DELLE PROVE E DEI CONTROLLI contenuto nel PQCI.

6.2 Documentazione e controlli di conformità

L'Appaltatore dovrà inviare almeno 30 giorni prima dell'inizio dei lavori di posa dell'impermeabilizzazione i seguenti documenti ed elaborati che dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori:

d) Elementi sulla Produzione dei materiali:

- cataloghi dei prodotti, numero del modello e loro idoneità per l'impiego previsto (in lingua originale con eventuale traduzione in italiano);
- caratteristiche dei materiali e metodi di prova per la relativa verifica;
- caratteristiche di resistenza delle giunzioni a seguito della termosaldatura.

I valori dichiarati dovranno essere omologati da organismi di controllo autorizzati.

e) Dichiarazioni dell'Appaltatore sull'utilizzo del materiale proposto:

L'Appaltatore dovrà fornire una chiara relazione descrittiva riguardante:

- le procedure costruttive e i metodi di installazione del geotessile non tessuto e della membrana impermeabile che dovrà comprendere anche la metodologia utilizzata per l'esecuzione delle giunzioni e delle riparazioni;
- le modalità di collegamento tra il rivestimento della galleria artificiale e quella a foro cieco;
- i sistemi di fissaggio e sostegno della struttura di impermeabilizzazione;
- i particolari costruttivi per il raccordo della impermeabilizzazione con tubazioni, pezzi speciali od altri elementi passanti del sistema di drenaggio.

f) Campionamenti

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori i campioni dei materiali proposti sui quali far eseguire le prove previste e/o altre prove che verranno indicate dalla Direzione Lavori medesima in base a motivate richieste.

Tali campioni consisteranno almeno in:

- n°1 campione di geotessile non tessuto di 4 mq;
- n°1 campione di membrana impermeabile di 4 mq;
- n°1 campione di lastra semirigida a elevata capacità drenante (se utilizzata);
- n°1 campione costituito da un bottone di fissaggio e relativo chiodo;
- n°1 campione di giunto saldato alla lunghezza di almeno 1 m assemblato;
- n°1 campione completo della struttura costituente l'impermeabilizzazione;
- n°1 campione di prodotti a base di bentonite sodica (se utilizzati).

I campioni dovranno essere inviati a un laboratorio autorizzato.

I materiali potranno essere impiegati solo dopo che i risultati delle prove sui campioni avranno dimostrato la conformità degli stessi alle prescrizioni.

I materiali forniti che non saranno conformi, anche solo in parte, alle presenti prescrizioni non potranno essere utilizzati e dovranno essere identificati, segregati e tempestivamente rimossi dal luogo di stoccaggio a totale carico dell'Appaltatore.

6.3 Guaina impermeabilizzante

La tenuta dei giunti dovrà essere verificata ad una pressione minima di 0,4 bar; nel caso la pressione della falda circostante fosse maggiore, la pressione di prova dovrà essere pari a quella della falda aumentata del 20%; l'eventuale perdita di pressione dopo 15-20 min non dovrà superare il 25% della pressione applicata.

Il controllo delle saldature dovrà essere sistematico.

Le prove di tenuta dei giunti dovranno essere effettuate in ragione di almeno una prova ogni dieci giunti o frazione di dieci e ciascuna prova dovrà essere verbalizzata. Nel caso che qualche prova dia esito negativo,

l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, al rifacimento delle saldature difettose, eventualmente anche con sostituzione delle guaine compromesse, mentre la Direzione Lavori potrà ordinare che vengano sottoposti a prove tutti i giunti senza che per questo l'Appaltatore stesso possa reclamare alcun compenso.

6.4 Geotessili non tessuti

La campionatura per l'esecuzione delle prove dovrà essere fatta secondo la norma UNI 8279-1, intendendosi con N l'unità elementare di un rotolo.

Dalle prove dovranno risultare soddisfatti i seguenti requisiti:

⇒ peso (UNI 5114)	≥ 500 g/mq
⇒ resistenza a trazione su striscia di 500x1000mm (CNR)	≥ 24 kN/m
⇒ allungamento (UNI EN 29073-3)	≥ 70 %
⇒ lacerazione (UNI EN ISO 9073-4)	≥ 1.5 kN
⇒ punzonamento (UNI 8279-14)	≥ 4 kN
⇒ permeabilità radiale all'acqua alla pressione di 0.002 MPa (UNI 8279-13)	≥ 0.3 cm/s

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero requisiti inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'Appaltatore dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere. Nel caso di materiali già posti in opera, l'Appaltatore dovrà sospendere la lavorazione e procedere a sua cura e spese, alla loro rimozione ed alla sostituzione con materiali idonei.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 11:

PAVIMENTAZIONI ED OPERE STRADALI ACCESSORIE

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. E. Cadamuro		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023

INDICE

1.	DEFINIZIONI.....	2
1.1	Classificazione.....	2
1.2	Normative di riferimento	2
2.	NORME DI MISURAZIONE	2
3.	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	3
3.1	Consegna delle aree e ripresa in carico da parte della città – Responsabilità	4
3.2	Norme generali della Città di Torino	5
3.2.1	Autorizzazioni e attività preliminare alla manomissione.	5
3.2.2	Disposizioni tecniche per le manomissioni.	6
4.	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	7
4.1	Pavimentazioni Stradali.....	7
4.1.1	Tipologie e caratteristiche costruttive	7
4.1.2	Caratteristiche degli strati	9
4.2	Opere stradali accessorie	10
4.2.1	Marciapiedi	10
4.2.2	Cordonature lapidee ed in calcestruzzo.....	10
4.2.3	Opere per lo smaltimento delle acque piovane e per il transito dei sottoservizi	10
4.2.4	Barriere di sicurezza e parapetti	10
4.2.5	Illuminazione	10
4.2.6	Parcheggi	10
4.2.7	Isole di traffico.....	11
4.2.8	Passi carrabili.....	11
4.2.9	Scivoli per disabili.....	12
4.2.10	Piste ciclabili	12
5.	MATERIALI	12
5.1	Pavimentazioni stradali	12
5.2	Opere stradali accessorie	21
5.2.1	Marciapiedi	21
5.2.2	Cordonature lapidee ed in calcestruzzo.....	21
5.2.3	Opere per lo smaltimento delle acque piovane e per il transito dei sottoservizi	22
5.2.4	Barriere di sicurezza e parapetti	22
6.	MODALITA' DI ESECUZIONE	22
6.1	Pavimentazioni stradali	22
6.2	Opere stradali accessorie	27
6.2.1	Opere per lo smaltimento delle acque piovane e per il transito dei sottoservizi	27
6.2.2	Barriere di sicurezza e parapetti	27
7.	CONTROLLI DI QUALITÀ.....	28

1. DEFINIZIONI

La lavorazione in oggetto è definita "comune" e facente parte di "intervento complesso", in conformità con la normativa vigente.

1.1 Classificazione

I lavori oggetto della presente sezione sono suddivisi in:

- Pavimentazioni
- Opere stradali accessorie

a) Pavimentazioni

- In funzione dell'importanza del traffico e della destinazione d'uso, le strade e le aree da pavimentare sono suddivise nelle seguenti 4 Categorie:

Categoria A: strade statali e relative strade di collegamento a traffico pesante

Categoria B: strade provinciali, comunali e secondarie

Categoria C: strade minori, poderali o campestri

Categoria D: strade urbane a grande traffico

b) Opere stradali accessorie

Sotto tale dicitura sono raggruppate tutte le opere asservite alla viabilità ordinaria ed alle aree e piazzali di servizio quali:

- Marciapiedi
- Opere per lo smaltimento delle acque piovane
- Barriere di sicurezza e parapetti
- Illuminazione
- Parcheggi

1.2 Normative di riferimento

I lavori saranno eseguiti in accordo alla normativa vigente.

In particolare, ma non limitatamente, l'Appaltatore dovrà rispettare le prescrizioni e adempiere agli obblighi derivanti dalle seguenti leggi e normative e s.m.i.:

- CNR fascicolo 4/1953 "Pietrischi, pietrischetti, graniglie, sabbie e additivi per costruzioni stradali"
- ASTM D 1883/61T
- UNI EN 13286-47 "Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento"
- AASHO T 180
- CNR fascicolo 24/1971 "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali"
- Norme svizzere VSS-SNV 70317
- CNR fascicolo 36/1973 "Stabilizzazione delle terre con calce"
- Circolare Min. LL.PP. 117/7/1987 n. 2337 "Provvedimenti per la sicurezza stradale. Barriere stradali – Specifica per l'impiego delle barriere in acciaio"
- R.D. 16/11/1939 n. 2230 "Norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico"
- R.D. 16/11/1939 n. 2231 "Norme per l'accettazione delle calci"
- Decreto 30/4/1992 n. 285 "Nuovo codice della strada"
- DPR 16/12/1992 n. 495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada".

2. NORME DI MISURAZIONE

La misurazione delle pavimentazioni stradali ai fini di applicazione delle corrispondenti voci di prezzo è eseguita a metro quadrato, metro cubo e metro lineare. Per quanto riguarda la segnaletica, essa sarà ricompensata a misura in ragione della tipologia messa in atto. Nei prezzi di realizzazione delle pavimentazioni e delle opere stradali accessorie si intendono compensati tutti gli oneri principali ed accessori quali:

- la provvista sul luogo d'impiego e stesa di misto granulare anidro, stabilizzato a cemento, bitumato (tout-venant trattato);
- la provvista sul luogo d'impiego e stesa di emulsione bituminosa;
- la provvista sul luogo d'impiego e stesa di calcestruzzo bituminoso per strato di collegamento e di usura
- la provvista sul luogo d'impiego e stesa di mano di ancoraggio per tappeti di usura;
- la compattazione con rullo pesante o vibrante;
- la regolarizzazione e rullatura con rullo di adatto peso, statico o vibrante;
- quant'altro previsto nella presente specifica come lavorazione annessa alla realizzazione di pavimentazioni stradali.

Nell'eventualità che durante la rimozione dei materiali lapidei di proprietà degli Enti Territoriali o Enti Terzi si verificassero rotture del materiale stesso, l'Appaltatore avrà l'onere di rifondere il danno con la fornitura di nuovo materiale. Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n. 285, aggiornato con d.l.vo 10 sett. 1993 n. 360 , D.P.R. 19 apr. 1994 n. 575, d.l.vo 4 giugno 1997 n. 143, legge 19 ott. 1998 n. 366, d.m. 22 dic. 1998 e successive modificazioni.

3. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

- a) I lavori dovranno iniziare ed essere condotti secondo le tempistiche concordate con la Città ed indicate sulla bolla di manomissione: dovranno inoltre essere condotti in modo da intralciare il meno possibile la circolazione stradale. I lavori di tipo stradale (scavo, posa polifere, pozzetti, rinterrì e ripristini) devono essere eseguiti da imprese iscritte alla categoria G3 del A.N.C. o comunque in possesso dei requisiti di qualificazione previsti dalle vigenti od emanande leggi LL.PP..
- b) Durante la loro esecuzione dovrà essere predisposta a cura e sotto responsabilità dell'Appaltatore idonea segnaletica stradale di preavviso di lavori in corso ed i ripari della zona stradale in cui viene effettuato l'intervento secondo i disposti del Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n. 285, aggiornato con d.l.vo 10 sett. 1993 n. 360 , D.P.R. 19 apr. 1994 n. 575, d.l.vo 4 giugno 1997 n. 143, legge 19 ott. 1998 n. 366, d.m. 22 dic. 1998, D.L 27 giugno 2003, n.151 e successive modificazioni, D.P.R. 16/12/92 n° 495 "Regolamento di Esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada". D.P.R. 16 settembre 1996 n° 610 e s.mi. riportante altresì gli estremi dell'autorizzazione.

Ciascuna Società/Ente in quanto committente dei lavori dovrà attenersi ai dispositivi del D.l.vo 494/96 e le indicazioni imposte dal proprio responsabile della sicurezza.

- c) I segnali ed i ripari, che dovranno essere visibili a conveniente distanza, dovranno essere mantenuti fino all'ultimazione del ripristino.

A norma delle vigenti regolamentazioni in merito, tutti i segnali ed i ripari dovranno riportare ben visibile il nome dell'Appaltatore esecutrice dei lavori: all'inizio del cantiere dovrà altresì essere apposto un cartello portante l'indicazione: "LAVORI ESEGUITI PER CONTO DI", accompagnata dalla denominazione dell'Ente, Azienda, Società per conto della quale sono eseguiti i lavori.

- d) Dovranno altresì essere collocati tutti gli eventuali segnali di preavviso e di dedicazione con l'indicazione dei percorsi alternativi.
- e) I lavori relativi ad ogni singolo intervento, ripristino definitivo compreso, dovranno essere ultimati entro il tempo indicato nella bolla di manomissione.

Qualora i lavori non fossero ultimati o non eseguiti entro detto periodo verranno applicate le sanzioni previste.

- f) L'occupazione del sottosuolo sarà consentita in forma precaria ed assoggettata al pagamento del relativo canone secondo quanto stabilito dal Regolamento C.O.S.A.P. (Canone di Occupazione Spazi ed Aree Pubbliche) approvato con deliberazione del C.C. in data 21/12/98.
- g) Le manomissioni dovranno essere eseguite a tratti di lunghezza concordata con i tecnici della Città, di norma ogni bolla non potrà superare 500 mq o lunghezza di 300 m. In casi particolari la lunghezza non sarà superiore ad un isolato.
- h) Qualora i guasti o le fughe interessino improvvisamente i sedimi stradali, ogni intervento provvisorio di sicurezza alla viabilità pubblica e privata compete esclusivamente agli Appaltatori che dovranno intervenire nel modo più sollecito.

A tale scopo questi devono comunicare i numeri telefonici di pronto intervento alle centrali operative di VV.UU. e VV.FF. o altro al fine di poter essere reperibili in qualsiasi momento.

Ogni responsabilità civile e penale relativa ad incidenti causati da cedimenti del piano stradale per guasti o fughe di sottoservizi è da attribuirsi esclusivamente all'Appaltatore.

In caso di inadempienza interverrà il Comune con strutture proprie o con imprese appaltatrici, addebitando all'Appaltatore, oltre al costo effettivo, la penale prevista.

i) Se i sedimi di un tratto di strada sono interessati da manomissioni da parte di più committenti, questi dovranno eseguire gli interventi coordinati al fine di realizzare un solo ripristino. In questo caso la Città provvederà a concordare con le società interessate la soluzione di ripristino definitivo tecnicamente più idonea e le relative dimensioni.

j) Per alcuni interventi di carattere speciale (zone centrali – vie o corsi con traffico veicolare molto intenso), l'Amministrazione può chiedere orari particolari di intervento secondo le esigenze.

Inoltre la realizzazione di alcuni interventi di manomissione può essere richiesta nei giorni festivi. In entrambi i casi sarà data comunicazione preventiva alle OO.SS. Provinciali di categoria.

k) Per quanto riguarda i materiali per le pavimentazioni stradali, sarà cura dell'Appaltatore eseguire tutte le prove ed i controlli di qualità previsti dalle Specifiche di Controllo Qualità così come quelli che, in base a motivate esigenze tecniche, la Direzione Lavori ritenesse necessari per assicurare la rispondenza del lavoro eseguito agli standards qualitativi prefissati.

l) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alla fornitura ed al trasporto dei materiali provenienti da cave esterne, in aggiunta a quelli provenienti dagli scavi. La ricerca ed il reperimento delle cave dovranno essere basati su una accurata valutazione temporale e quantitativa dei materiali necessari.

m) La provenienza ed il tipo di materiali da utilizzare devono essere preventivamente comunicati alla Direzione Lavori.

n) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere all'aerazione ed alla fornitura dell'acqua necessaria per ottenere l'umidificazione ottimale, ai fini della compattazione, degli strati di fondazione delle pavimentazioni stradali.

o) Sarà cura dell'Appaltatore acquisire la preventiva qualifica, da trasmettere alla Direzione Lavori, relativamente agli impianti di preparazione dei conglomerati bituminosi che intende utilizzare.

p) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alla segnaletica prevista dal Codice della Strada e relativo regolamento;

q) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle opere perché possa continuare a svolgersi, anche entro il cantiere, la circolazione stradale secondo le disposizioni della Direzione Lavori con traffico pedonale e veicolare, pubblico e privato, compreso il transito per i cantieri limitrofi, compresa tutta la segnaletica stradale prevista dall'art. 21 del Codice della Strada, nonché le opere per mantenere gli accessi veicolari e/o pedonali alle proprietà limitrofe alle zone dei lavori.

r) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere agli oneri relativi alla presenza di canalizzazioni pubbliche nel luogo del lavoro e alla presenza della mano d'opera degli Enti proprietari impiegata per i necessari lavori di spostamento e/o sistemazione delle canalizzazioni stesse.

s) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere a tutti gli adempimenti (autorizzazioni, deviazioni temporanee, ripristini, imbocchi in fogne e collettori esistenti, etc.) previsti dalle leggi e normative vigenti relativamente alla effettuazione dei lavori ed all'esercizio della viabilità ordinaria.

3.1 Consegna delle aree e ripresa in carico da parte della città – Responsabilità

L'inizio della manomissione deve essere preventivamente comunicato alla Città di Torino, in modo da poter individuare anche in un secondo tempo, la Società/Ente che ha effettuato l'intervento.

Dalla data di consegna i sedimi sono a carico all'utente e rimarranno fino alla riconsegna alla Città di Torino a cadenza bimensile dopo la certificazione di regolare esecuzione di cui all'articolo successivo.

Durante questo periodo i sedimi stradali oggetto della manomissione e relativo ripristino sono in carico manutentivo ai Concessionari in quanto committenti dei lavori.

Le responsabilità civili e penali in caso di incidenti o danni che si dovessero verificare a causa della manomissione e ripristino tra la data di consegna e un anno dopo la ripresa in carico da parte della città sono esclusivamente attribuibili all'Appaltatore.

La Città di Torino non ha responsabilità alcuna sia del rispetto delle leggi anti-infortunistiche e sui cantieri mobili (494/96) sia delle leggi che in qualche modo hanno a che fare con la realizzazione dell'opera: tali responsabilità ricadono esclusivamente sull'Appaltatore.

Ogni più ampia responsabilità per qualsiasi evento di danno a terzi che si dovesse verificare in dipendenza della manomissione e/o occupazione del Suolo Pubblico e dell'esecuzione dell'opera ricadrà esclusivamente sull'appaltatore restando perciò la città totalmente esonerata e altresì manlevata ed indenne da ogni pretesa e domanda risarcitoria eventualmente formulata nei suoi confronti da terzi stessi.

I lavori dovranno essere condotti da tecnici incaricati dall'Appaltatore. La loro regolare esecuzione/collaudo dovrà essere certificata da un tecnico abilitato prima della consegna dei sedimi alla Città.

La certificazione potrà comprendere più località (bolle) della stessa zona urbana della Città (secondo la suddivisione prevista nelle manutenzioni del Suolo Pubblico in vigore).

La Città prima di prendere in carico i sedimi potrà comunque richiedere all'Appaltatore prove di collaudo (carotaggi, prove su piastra, prove sui materiali, ecc.) nei particolari casi che riterrà opportuno.

3.2 Norme generali della Città di Torino

Le norme che seguono si applicano a tutte le manomissioni e ai relativi ripristini da effettuarsi da parte di Società/Enti erogativi di pubblici servizi sui sedimi delle vie, strade, piazze e marciapiedi della Città di Torino.

3.2.1 Autorizzazioni e attività preliminare alla manomissione

a) Gli utenti del sottosuolo prima dell'inizio di qualunque attività (escluse le emergenze) dovranno ottenere tutte le autorizzazioni amministrative necessarie per l'esecuzione dei lavori ed aver assolto il pagamento del canone di occupazione Suolo Pubblico per le aree di cantiere relative all'esecuzione dei lavori di ripristino.

La richiesta dovrà contenere il progetto opportunamente quotato e, per la posa di nuovi impianti, dovrà essere preceduta dalle necessarie indagini anche a mezzo di sondaggi per verificare la compatibilità con gli altri sottoservizi presenti.

b) Entro il mese di febbraio di ogni anno gli utenti dovranno consegnare alla Città i programmi annuali di intervento che verranno esaminati e valutati dai tecnici comunali preposti per la relativa approvazione.

Gli allacciamenti alle utenze non sono assoggettabili a programmi annuali.

Oltre al programma annuale di manomissione i contenuti del sottosuolo dovranno presentare dei programmi operativi bimestrali con la puntuale indicazione delle tempistiche degli interventi comprensivi delle eventuali interferenze con la viabilità e con le indicazioni del periodo e degli orari di lavoro previsti.

Successivamente ogni intervento del programma dovrà essere portato in discussione nella apposita commissione istituita presso il Comune, al fine di determinare tempi, modalità di esecuzione, necessità di ordinanze viabili e quant'altro si renda necessario.

In particolare l'Ufficio Tecnico indicherà in modo tassativo il tempo di esecuzione dell'intervento di manomissione comprendente i lavori di ripristino definitivo.

Se i lavori interessano strade su cui transitano mezzi di pubblico trasporto dovranno essere presi preventivi accordi con l'Ente interessato.

Se la manomissione interessa sedimi destinati a verde o banchine in terra battuta o alberate, l'Appaltatore dovrà prendere preventivi accordi con il Settore Verde Pubblico – Gestione, nel rispetto della normativa vigente "Regolamento di lavori di ripristino conseguenti a manomissioni di aree verdi e alberate C.C. 13/12/93 n. 391".

Prima di dare inizio ai lavori l'Appaltatore dovrà dare relativa comunicazione agli uffici competenti (Suolo Pubblico, Polizia Municipale, ecc.) che coordinano le attività con le altre presenti sul territorio al fine da arrecare il minor disagio possibile alla cittadinanza.

Se la richiesta di manomissione interessa sedimi appena sistemati e per i quali la Città aveva a suo tempo comunicato agli Appaltatori la natura dell'intervento e la richiesta di rinnovo degli impianti obsoleti, l'autorizzazione di scavo potrà essere autorizzata solo nei casi debitamente motivati di assoluta necessità. La tariffazione di cui all'art. 11 subirà un aumento del 100% per sedimi sistemati da meno di un anno e del 50% per sedimi sistemati da meno di due anni, e dovranno essere eseguiti tutti gli interventi richiesti dalla Città a tutela del valore del corpo stradale (es. fresature, tappeti, ecc.).

c) Prima di iniziare la manomissione sia per la posa di nuovi impianti, sia per la riparazione di impianti già esistenti, dovrà essere presentata al Settore Suolo Pubblico Gestione una comunicazione in adeguato n° di copie (bolla) completa di tutti i dati richiesti. In particolare, dovrà essere indicato l'inizio e la fine della manomissione e del ripristino stradale.

Per i guasti la comunicazione potrà avvenire dopo l'intervento: si dovrà comunque informare, appena possibile, il Lotto territorialmente competente.

Se ritenuto necessario, l'Appaltatore dovrà fornire a proprie spese un rilievo fotografico della zona interessata dalla manomissione.

Ogni bolla dovrà essere corredata di una "corografia" formato A4 in scala opportuna con evidenziato in colore il tracciato e/o le buche oggetto dell'intervento.

Le modalità di presentazione delle richieste (bolle) e le relative successive comunicazioni saranno successivamente definite in relazione al processo di informatizzazione che sarà introdotto per semplificare i processi di gestione delle pratiche.

d) Prima di iniziare i lavori se ne dovrà dare avviso a tutti gli altri Appaltatori del suolo e del sottosuolo e prendere con essi gli opportuni accordi affinché non venga recato nocumento ai cavi, alle tubazioni e ai manufatti esistenti.

In caso di attraversamento di linee tranviarie o simili, dovranno essere rispettate le normative e prescrizioni poste dall'Ente interessato titolare delle linee.

L'effettivo inizio dei lavori dovrà essere comunicato a mezzo fax. Da tale data decorrerà il tempo previsto sulla bolla.

e) Se la manomissione interessa sedimi privati, dovrà essere richiesta preventiva autorizzazione ai proprietari del suolo.

f) Il ripristino dovrà essere direttamente eseguito a cura e spese dell'Appaltatore secondo le norme tecniche esecutive previste nel presente Capitolato Speciale d'Appalto.

g) Nel caso in cui le fondazioni e le pavimentazioni stradali subiscano un degrado a seguito di tagli provocati dalle manomissioni, verrà applicato un compenso da corrispondere alla Città con le tariffe e le modalità previste dalla Città.

h) L'Appaltatore sarà tenuto a semplice richiesta del Comune senza diritto ad alcuna indennità e nel più breve termine di tempo possibile, a spostare, modificare o annullare gli impianti collocati qualora ciò sia ritenuto necessario per l'impianto di servizi municipali o per modificazioni della sistemazione stradale, restando inoltre a totale suo carico tutte le maggiori spese che il Comune fosse costretto a sostenere per il fatto della concessione di cui trattasi.

Quanto sopra salvo diverse pattuizioni attuali e future fra la Città e l'Appaltatore o da quanto previsto dalle leggi.

i) La Città per esigenze proprie di interesse generale può richiedere all'Appaltatore di inserire negli scavi degli interventi autorizzati, delle polifere con eventuali pozzetti e/o opere ausiliarie da pozzatiere.

In caso di accettazione, l'Appaltatore si impegna a realizzare contestualmente ai propri lavori le opere suddette che gli verranno compensate, a scomputo degli oneri da esso dovuti, con l'adozione del prezzario della Città di Torino vigente all'atto dell'autorizzazione con l'applicazione del ribasso fissato anno per anno dalla Città in base all'andamento degli appalti per lavori su Suolo Pubblico verificatosi nell'anno precedente.

In caso contrario l'Appaltatore è tenuto a consentire, a titolo gratuito, la posa di polifere da parte della Città, durante l'esecuzione di lavori.

3.2.2 Disposizioni tecniche per le manomissioni.

La manomissione e l'esecuzione degli scavi necessari alla posa degli impianti dovranno essere eseguiti secondo le seguenti prescrizioni tecniche:

a) Per l'esecuzione dei lavori è tassativamente vietato l'uso di mezzi meccanici cingolati ad eccezione di mezzi di ridotte dimensioni con cingoli in gomma. In alcuni casi di interventi su sedimi stradali a sezione ridotta o particolarmente trafficati nonché su aree centrali pedonali può essere richiesto l'uso di escavatori di medie o piccole dimensioni (tipo bob-cat). In casi particolari, debitamente motivati, la Città può consentire la deroga a quanto sopra addebitando all'Appaltatore l'onere del rifacimento integrale di tutti i sedimi eventualmente danneggiati.

b) Nel caso di pavimentazione bituminosa, la rottura della stessa dovrà essere eseguita in modo che i bordi si presentino con un profilo regolare usando possibilmente macchine a lama rotante o utilizzando una macchina fresatrice a freddo.

c) Nel caso di pavimentazioni lapidee (cubetti, masselli, lastre, guide, cordoni, ecc.) gli elementi dovranno essere rimossi a mano o con mezzi idonei per non creare danni.

Gli elementi così rimossi dovranno essere accuratamente accatastati in prossimità dello scavo, e in luoghi indicati dalla Città, in posizione tale da non ostacolare il transito veicolare e pedonale, con l'opportuna segnaletica.

Per motivi di sicurezza viabile, o per pubblica incolumità, potrà essere richiesto che gli elementi lapidei delle pavimentazioni stradali, rimossi per l'esecuzione dei lavori, siano trasportati, a cure e spese dell'Appaltatore, presso il Magazzino Municipale di zona od altra località, da dove saranno riportate in sito per il ripristino, sempre a cura e spese dell'Appaltatore: gli elementi lapidei dovranno essere numerati progressivamente prima dello loro rimozione in modo da agevolare il loro ricollocamento nella giusta posizione.

In loco dovranno essere lasciati riferimenti sufficienti per ricollocare gli elementi stessi (lastre-masselli) nella loro originaria posizione.

Le pavimentazioni in cubetti dovranno essere rimosse a mano e i cubetti laterali, non interessati dalla manomissione, dovranno essere bloccati da uno scivolo di materiali bituminosi che ne impedisca il disfacimento durante le opere di scavo.

Nel caso di rottura o danneggiamento di materiali lapidei o di altra natura l'Appaltatore sarà tenuto alla loro sostituzione di nuova fornitura o forniti dalla Città che provvederà ad addebitare il relativo costo.

- d) Nel caso di scavi da effettuarsi in prossimità di alberate, dovrà essere rispettata la "Regolamentazione dei lavori di ripristino conseguenti a manomissioni di aree verdi ed alberate" e le disposizioni impartite dal Settore Verde Pubblico Gestione.
- e) Al fine di evitare danneggiamenti ai servizi in occasione di future manomissioni del Suolo, l'Appaltatore dovrà porre sopra al cavo e/o tubazioni ad una profondità non inferiore a cm 50 un opportuno manufatto o nastro colorato con indicato il relativo nome. Saranno valutati dalla Città situazioni particolari in deroga (scavo-dig).
- f) La quota superiore di eventuali solette, di pozzetti tecnologici in calcestruzzo o simili dovrà essere di circa 25 cm sotto il piano di calpestio del marciapiede o della banchina, salvo diverse indicazioni fornite dalla Città.
- g) Le manomissioni interessanti passaggi privati nella zona collinare dovranno essere ripristinate tempestivamente (per evitare erosioni o trascinarsi di materiali terrosi su strade comunali) a cura e spesa dei richiedenti.
- h) La Città si riserva il diritto di chiedere all'Appaltatore tutte le applicazioni tecniche tendenti a migliorare l'opera di ripristino delle pavimentazioni o ad imporre particolari tecnologie di scavo (in particolare tecnologie no-dig: es. spingitubo, microtunnelling, ecc.).
- i) Salvo casi eccezionali autorizzati gli impianti non potranno essere collocati ad una profondità inferiore a cm 80 dall'estradosso del manufatto.

In occasione della presenza contemporanea di più servizi dovranno essere rispettate le norme in vigore (UNI, CEI, Ministeriali, ecc.) che regolamentano il reciproco posizionamento dei vari servizi: ogni committente è responsabile dell'esecuzione dei propri lavori nel rispetto della predetta normativa.

4. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

4.1 Pavimentazioni Stradali

4.1.1 Tipologie e caratteristiche costruttive

Le caratteristiche costruttive per le differenti tipologie sono di seguito definite:

- a) Pavimentazione per strada di categoria A

Per le strade di categoria A la pavimentazione dovrà essere formata da:

- strato anticapillare di sottofondazione, dello spessore minimo finito non inferiore a cm 20;
- strato di fondazione, di inerti stabilizzati all'acqua e compattati, dello spessore finito non inferiore a cm 30;
- strato di base, in conglomerato bituminoso aperto, cilindrato, dello spessore finito non inferiore a cm 15;
- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso semiaperto, cilindrato, dello spessore finito non inferiore a cm 6;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso chiuso, cilindrato, dello spessore finito non inferiore a cm 4.

- b) Pavimentazione per strada di categoria B

Per la strada di categoria B la pavimentazione dovrà essere formata da:

- strato anticapillare di sottofondazione, dello spessore minimo finito non inferiore a cm 15;

- strato di fondazione, di inerti stabilizzati all'acqua e compattati, dello spessore finito non inferiore a cm 20;
- strato di base, in conglomerato bituminoso aperto, cilindrato, dello spessore finito non inferiore a cm 8;
- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso semiaperto, cilindrato, dello spessore finito non inferiore a cm 4;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso chiuso, cilindrato, dello spessore finito non inferiore a cm 3.

c) Pavimentazione per strada di categoria C

c.1) Per le strade "minori" la pavimentazione dovrà essere formata da:

- strato di fondazione, di inerti stabilizzati all'acqua e compattati, dello spessore finito non inferiore a cm 20;
- strato in conglomerato bituminoso semiaperto, cilindrato, dello spessore finito non inferiore a cm 4.

c.2) Per le strade "poderali o campestri" la pavimentazione dovrà essere formata da:

- strato di fondazione di inerti stabilizzati all'acqua e compattati, dello spessore finito non inferiore a cm 25, saturato con graniglia o pietrischetto.

c3) Per le piste ciclabili la pavimentazione dovrà essere formata da:

- preparazione del piano di posa con rullatore e costipamento del terreno di sottofondo, compresi materiali inerti di intasamento;
- strato di fondazione in ghiaia vagliata, dello spessore finito non inferiore a cm 18;
- strato di base in conglomerato cementizio, con resistenza caratteristica pari a 10 MPa non armato;
- strato superficiale in "asfalto colato" composto da:
 - sabbia (85% passante al setaccio di mm 2, 15% passante al setaccio di mm 4 e trattenuto al setaccio di mm 2);
 - bitume ossidato (in ragione del 9% del peso della miscela);
 - bitume 80/100 (in ragione del 5% del peso della miscela);
 - filler attivo (in ragione del 14% del peso della miscela),

Steso in strisce intere per tutta la larghezza delle piste, con giunti alla distanza non minore di m 100 nel senso trasversale, senza giunti visibili, compreso l'eventuale insabbiamento superficiale e la spalmatura con bitume e caldo dei giunti.

d) Pavimentazione per strada di categoria D.

d.1) Strade urbane a grande traffico

Per la strada di categoria D.1 la pavimentazione dovrà essere composta da:

- strato di sottofondo formato da rullatura e costipamento di materiale proveniente dagli scavi e accettato dalla Direzione Lavori;
- strato di fondazione in misto granulare anidro o materiale ghiaio-terroso, dello spessore minimo di cm 20;
- strato di base in misto cementato composto come indicazione del successivo punto "caratteristiche degli strati", dello spessore minimo di cm 25;
- strato di collegamento in conglomerato bituminoso aperto, cilindrato, dello spessore finito non inferiore a cm 14 (composta da uno strato di cm 9 di materiale di cui alle curve e.1 e cm 5 di cui alle curve f.3);
- strato di usura, in conglomerato bituminoso chiuso, cilindrato, dello spessore finito non inferiore a cm 4.

d.2) Strade urbane a grande traffico con pavimentazione drenante e fonoassorbente

Per la strada di categoria D.2 la pavimentazione dovrà essere composta da:

- strato di sottofondo formato da rullatura e costipamento di materiale proveniente dagli scavi e accettato dalla Direzione Lavori;
- strato di fondazione in misto granulare anidro o materiale ghiaio-terroso, dello spessore minimo di cm 25;

- strato di base in misto cementato composto come da descrizione D.1., ma di spessore minimo di cm 20;
 - 1° strato di collegamento in TOUT-VENANT bitumato dello spessore minimo posto in opera di cm 12, granulometria classe A-1 (AASHTO M 145-49);
 - 2° strato di collegamento composto da conglomerato bituminoso (BINDER) dello spessore minimo compattato in opera di cm 5;
 - guaina o strato idoneo alla impermeabilizzazione inferiore del tappeto drenante e fonoassorbente;
 - tappeto di usura, in conglomerato bituminoso drenante fonoassorbente, dello spessore finito non inferiore a cm 4.
- e) Pavimentazione su impalcati stradali per strade di categoria A-B-C.
La pavimentazione su impalcati stradali dovrà essere formata da:
- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso semiaperto, cilindrato, dello spessore finito non inferiore a cm 8;
 - tappeto di usura, in conglomerato bituminoso chiuso, cilindrato, dello spessore finito non inferiore a cm 4.
- f) Pavimentazione provvisoria di strade urbane a grande traffico. La pavimentazione dovrà essere composta da:
- strato di sottofondo formato da rullatura e costipamento di materiale proveniente dagli scavi e accettato dalla Direzione Lavori;
 - strato di base in misto cementato composto come da descrizione D.1., di spessore minimo di cm 25;
 - strato di collegamento in TOUT-VENANT bitumato dello spessore minimo posto in opera di cm 12, granulometria classe A-1 (AASHTO M 145-49);
 - tappeto di usura, in conglomerato bituminoso drenante fonoassorbente, dello spessore finito non inferiore a cm 4.
- g) Pavimentazione in materiale lapideo. La pavimentazione dovrà essere composta da:
- strato di sottofondo formato da rullatura e costipamento di materiale proveniente dagli scavi e accettato dalla Direzione Lavori;
 - strato di base in misto cementato composto come da descrizione D.1., di spessore minimo di cm 30;
 - strato di collegamento in TOUT-VENANT bitumato dello spessore minimo posto in opera di cm 12, granulometria classe A-1 (AASHTO M 145-49);
 - strato di allettamento in sabbia di spessore minimo 10cm;
- pavimentazione in lastre. La posa di quest'ultima dovrà rispettare la disposizione geometrica precedente alla manomissione.

4.1.2 Caratteristiche degli strati

Gli strati delle pavimentazioni stradali definiti al paragrafo precedente dovranno avere le seguenti caratteristiche (valide per tutte le categorie):

- a) strato anticapillare di sottofondazione: ghiaietto o pietrischetto, esenti da materie eterogenee di dimensioni comprese tra 4 e 20 mm con percentuale massima del 5% passante al crivello 4 UNI.
- b) strato di sottofondo: pozzolana (o similare) esente da materie organiche e vegetali, adeguatamente costipata con idonee macchine.
- c) strato di fondazione stradale: miscela inerte granulometricamente corretta di sabbia, ghiaia, pietrisco o di altro materiale di frantumazione, stabilizzato all'acqua, adeguatamente costipato con idonee macchine.
- d) strato di fondazione stradale: miscela di pozzolana (o similare) e calce idrata posta in opera con le modalità e le prescrizioni appresso indicate, adeguatamente costipato con idonee macchine.
- e) strato di base: conglomerato bituminoso, di ghiaia mista o frantumato misto di cava, confezionato a caldo con idonei impianti, con le modalità e le prescrizioni appresso indicate, con bitume di prescritta penetrazione, posto in opera con macchine finitrici, cilindrato con idonei rulli metallici e gommati da 5 a 14 tonnellate, e spalmato di un velo continuo di legante per ancoraggio alla fondazione.

- f) strato di collegamento (binder): in conglomerato bituminoso semiaperto ottenuto con graniglia e pietrischetto della categoria IV delle Norme CNR con dosaggi e limiti come da prescrizione appresso indicate, spalmato di un velo continuo di legante di ancoraggio, steso in opera con macchine finitrici e cilindrato con idonei rulli metallici e gommati da 5 a 14 tonnellate.
- g) tappeto di usura: conglomerato bituminoso chiuso, ottenuto con graniglia e pietrischetto della categoria I delle norme CNR, dosaggio e limiti come da prescrizione appresso indicata, steso in opera con finitrici e cilindrato con idonei rulli metallici e gommati da 5 a 14 tonnellate.

4.2 Opere stradali accessorie

4.2.1 Marciapiedi

Perimetralmente alle aree di lavoro e/o manovra e lungo le strade ove sia previsto il transito di persone, dovranno essere previsti appositi percorsi preferenziali per la viabilità pedonale realizzati mediante marciapiedi. Le dimensioni e la sezione trasversale dei marciapiedi saranno definiti dai disegni di progetto.

4.2.2 Cordonature lapidee ed in calcestruzzo

Le cordonature da porsi in opera saranno di preferenza scelte tra quelle in elementi lapidei o in cls prefabbricato vibrocompresso.

CORDONATURE LAPIDEE: Gli elementi dovranno provenire da rocce sane di pietra omogenea che non presentino venature vistose d'alcun genere. Gli elementi dovranno avere lunghezza non inferiore a ml 1,00, le teste finite, le facce a vista martellate a mano, non dovranno presentare rientranze o parti sporgenti. La larghezza sarà di norma uguale a 15 o 30 cm per 25 cm d'altezza e i profili come indicato sulle tavole di progetto. I raccordi e le giunzioni ad angolo tra due tratte saranno sempre risolti con l'impiego di pezzi speciali curvi fino a d un raggio di mt 2.00, per circonferenze maggiori il raccordo curva sarà ricavato mediante posa di elementi rettilinei con lunghezza non superiore a cm 50.

4.2.3 Opere per lo smaltimento delle acque piovane e per il transito dei sottoservizi

Per tutte le categorie di strade dovranno essere realizzate idonee opere per la captazione e lo smaltimento delle acque piovane ed opere per consentire il transito di sottoservizi di fornitura (Acquedotti, Metanodotti, Cavidotti, ecc.). A tale scopo, contemporaneamente alla formazione della sede stradale, dovranno essere predisposte apposite cunette, caditoie, pozzetti e cunicoli secondo le tipologie previste da progetto.

Di norma le cunette, le caditoie, i pozzetti di raccolta, gli imbrocchi di raccordo ed i cunicoli saranno realizzati in conglomerato cementizio vibrato di resistenza caratteristica non inferiore a 30 MPa.

I manufatti per il passaggio dei sottoservizi e le condotte fognarie saranno realizzati in accordo alle prescrizioni di Capitolato dell'ente gestore della rete cui il manufatto attiene.

4.2.4 Barriere di sicurezza e parapetti

Ove previsto da progetto, dovranno essere installate apposite barriere di sicurezza, con o senza mancorrente, in acciaio zincato costituite da una fascia orizzontale avente sezione sagomata a doppia onda fissata a montanti in profilato metallico, infissi su manufatti o nel terreno, e da eventuale mancorrente in tubo d'acciaio zincato da 50 mm; le barriere dovranno essere complete di pezzi speciali, bulloneria, catarifrangenti ed ogni altro accessorio necessario.

4.2.5 Illuminazione

Per il dimensionamento degli impianti di illuminazione, ove previsti, si rimanda agli elaborati di progetto.

L'Appaltatore dovrà, sia nel caso di nuove costruzioni che in quello di allacci e/o modifiche della rete esistente, accordarsi con l'Ente proprietario concordando le modalità di intervento e informando costantemente la Direzione Lavori

Resta inteso che tutti gli interventi saranno eseguiti rispettando le norme, specifiche e procedure in vigore presso l'Ente Proprietario.

4.2.6 Parcheggi

La pavimentazione dei parcheggi sarà eseguita come indicato nei disegni di progetto.

Per la corretta valutazione delle caratteristiche dei materiali impiegati e per accertarne la rispondenza ai requisiti prestazionali di progetto, questi verranno sottoposti alle stesse prove previste per i materiali impiegati nella realizzazione delle pavimentazioni stradali.

4.2.7 Isole di traffico

Le isole di traffico dovranno essere conformi ai Regolamenti Comunali nonché al Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada - Decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992, n. 495 (in Suppl. ord. alla Gazz. Uff., 28 dicembre 1992, n. 303) e successive modificazioni.

Le suddette isole possono essere realizzate nei seguenti modi:

- a) isole a raso: sono realizzate mediante strisce di colore bianco ovvero con chiodi a larga testa, od emisfere. Queste ultime devono avere un profilo schiacciato con diametro variabile da 30 a 50 cm e devono essere di colore bianco;
 - b) isole delimitate da elementi verticali: sono realizzate con paletti, paline, birilli, coni, e simili disposti lungo il perimetro dell'isola. La distanza tra un elemento e l'altro deve essere tale da definire perfettamente i margini dell'isola;
 - c) isole permanenti: possono essere realizzate mediante getto di calcestruzzo cementizio ovvero mediante cordatura in calcestruzzo o pietra da taglio ovvero altro materiale e sistemazione interna a prato. I cigli possono essere del tipo a barriera o del tipo sormontabile. Quando l'isola venga interessata da un attraversamento pedonale e costituisce zona di rifugio deve essere interrotta per una larghezza pari a quella del passaggio pedonale onde permettere ai pedoni l'attraversamento a raso della pavimentazione stradale.
2. La zona delimitata dal perimetro dell'isola è vietata alla circolazione di tutti i veicoli, ma può essere usata dai pedoni come rifugio per l'attraversamento della carreggiata stradale, allorché l'isola sia interessata da un passaggio pedonale.
3. Il sistema a raso dovrà, di massima, essere adottato durante il periodo di sperimentazione dell'isola di traffico.

4.2.8 Passi carrabili

1. La costruzione dei passi carrabili è autorizzata dall'ente proprietario della strada nel rispetto della normativa edilizia e urbanistica vigente nonché del Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada - Decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992, n. 495 (in Suppl. ord. alla Gazz. Uff., 28 dicembre 1992, n. 303) e successive modificazioni.
2. Il passo carrabile deve essere realizzato osservando le seguenti condizioni:
 - a) deve essere distante almeno 12 metri dalle intersezioni e, in ogni caso, deve essere visibile da una distanza pari allo spazio di frenata risultante dalla velocità massima consentita nella strada medesima;
 - b) deve consentire l'accesso ad un'area laterale che sia idonea allo stazionamento o alla circolazione dei veicoli;
 - c) qualora l'accesso alle proprietà laterali sia destinato anche a notevole traffico pedonale, deve essere prevista una separazione dell'entrata carrabile da quella pedonale.
3. Nel caso in cui i passi carrabili, come definiti dall'articolo 3, comma 1, punto 37), del codice della Strada, rientrino nella definizione dell'articolo 44, comma 4, del decreto legislativo 15 novembre 1993, n. 507, nella zona antistante gli stessi vige il divieto di sosta, segnalato con l'apposito segnale di cui alla figura II.78. In caso contrario, il divieto di sosta nella zona antistante il passo medesimo ed il posizionamento del relativo segnale, sono subordinati alla richiesta di occupazione del suolo pubblico che, altrimenti, sarebbe destinato alla sosta dei veicoli, in conformità a quanto previsto dall'articolo 44, comma 8, del citato decreto legislativo 507/93.
4. Qualora l'accesso dei veicoli alla proprietà laterale avvenga direttamente dalla strada, il passo carrabile oltre che nel rispetto delle condizioni previste nel comma 2, deve essere realizzato in modo da favorire la rapida immissione dei veicoli nella proprietà laterale. L'eventuale cancello a protezione della proprietà laterale dovrà essere arretrato allo scopo di consentire la sosta, fuori della carreggiata, di un veicolo in attesa di ingresso. Nel caso in cui, per obiettive impossibilità costruttive o per gravi limitazioni della godibilità della proprietà privata, non sia possibile arretrare gli accessi, possono essere autorizzati sistemi di apertura automatica dei cancelli o delle serrande che delimitano gli accessi. È consentito derogare dall'arretramento degli accessi e dall'utilizzo dei sistemi alternativi nel caso in cui le immissioni laterali avvengano da strade senza uscita o comunque con traffico estremamente limitato, per cui le immissioni stesse non possono determinare condizioni di intralcio alla fluidità della circolazione.

5. è consentita l'apertura di passi carrabili provvisori per motivi temporanei quali l'apertura di cantieri o simili. In tali casi devono essere osservate, per quanto possibile, le condizioni di cui al comma 2. Deve in ogni caso disporsi idonea segnalazione di pericolo allorquando non possono essere osservate le distanze dall'intersezione.

6. I comuni hanno la facoltà di autorizzare distanze inferiori a quelle fissate al comma 2, lettera a), per i passi carrabili già esistenti alla data di entrata in vigore del Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada, nel caso in cui sia tecnicamente impossibile procedere all'adeguamento di cui all'articolo 22, comma 2, del codice.

4.2.9 Scivoli per disabili

Gli scivoli per disabili in spazi e servizi pubblici devono rispettare la normativa edilizia e urbanistica vigente nonché tutte le prescrizioni delle leggi e delle direttive di settore per il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche (L. n° 118/1971 e dal DPR n° 503/1996 per i luoghi pubblici e relativi regolamenti attuativi).

Gli "scivoli per accesso ai marciapiedi" in calcestruzzo vengono perciò utilizzati per l'abbattimento delle barriere architettoniche negli spazi pubblici o privati. La prerogativa tecnica degli "scivoli per accesso ai marciapiedi" è quella di stabilire un rapporto di interconnessione fra due piani paralleli, la carreggiata della sede stradale e il marciapiede della sede pedonale, permettendo a chiunque l'accesso in modo autonomo e garantendo così la raggiungibilità di una struttura pubblica o privata.

Si considerano "barriere architettoniche" tutti quegli elementi progettati e costruiti che per forma, dimensione, posizione, localizzazione, limitano o impediscono l'attività motoria da parte dell'utenza. In questa ottica il concetto di "barriera architettonica" diventa un problema che interessa tutti in quanto gli ostacoli posti dal costruito riguardano non solo ed esclusivamente le persone disabili, ma anche quella vasta fascia di popolazione che si estende dal bambino, all'adulto che spinge il passeggino, fino all'anziano.

Gli "scivoli per accesso ai marciapiedi", di pendenza massima pari a, 15%, sono prodotti con calcestruzzo vibropressato o vibrogettato confezionato con appositi mescolatori, costituito da un impasto di cemento opportunamente dosato, con inerti lavati di cava e "granulati di marmo" di colore bianco aventi granulometria adeguata. In ottemperanza alla normativa vigente, sono prodotti con la superficie calpestabile "antisdrucchiolevole" e "antiscivolo", ottenuta con la lavorazione "spazzolata" della parte superiore dello scivolo. L'armatura utilizzata dovrà essere adeguata ai carichi d'esercizio d'uso.

4.2.10 Piste ciclabili

Nel caso in cui le aree di intervento dovessero interferire con itinerari destinati alla circolazione dei velocipedi, il rifacimento parziale del tratto interferente dovrà essere sviluppato, a cura dell'Appaltatore, nel rispetto della normativa edilizia e urbanistica vigente nonché del D.M. del 30 novembre 1999, n. 557 (Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili) e successive modifiche e/o integrazioni.

5. MATERIALI

5.1 Pavimentazioni stradali

I materiali da impiegare dovranno avere le seguenti caratteristiche:

a) Strato anticapillare di soффondazione

Formato da ghiaietto o pietrischetto, proveniente dalla frantumazione di materiale litoide di natura preferibilmente silicea, uniforme, compatto ed esente da parti alterate. Costituito da elementi poliedrici a spigoli vivi e superfici ruvide, posto in opera con spandimento meccanico, bagnatura e cilindatura con rulli di peso superiore a 12 tonnellate sino al completo assestamento.

b) Strato di soффondo

Formato da pozzolana (o similare) esente da materie eterogenee e rispondente ai requisiti del RD n. 2230 del 16/12/1939, dovrà essere fornita vagliata e asciutta.

Dovranno comunque essere rispettate le prescrizioni riportate al paragrafo dei rilevati stradali nella sezione movimenti di terra.

c) Strato di fondazione di inerti stabilizzati all'acqua

Il materiale in opera, dopo le opportune correzioni e miscele, dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche:

- c.1) L'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 71 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare.
 c.2) Granulometria compresa in uno dei seguenti fusi ed avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

MISCELA

Serie crivelli e setacci UNI	Tipo 1° passante totale in peso %	Tipo 2° passante totale in peso %
Crivello 71	100	-
Crivello 40	75-100	100
Crivello 25	60-87	75-100
Crivello 10	35-67	45-75
Crivello 5	25-55	20-45
Crivello 2	15-40	30-60
Setaccio 0,4	7-22	10-25
Setaccio 0,075	2-10	3-12

In luogo dei crivelli UNI possono adoperarsi i setacci ASTM secondo il seguente prospetto di equivalenza : 71 (2" 1/2), 40 (1"1/2), 25 (3/4"), 10 (3/8"), 5 (n. 4), 2 (n. 10), 0,4 (n. 40), 0,075 (n. 200).

- c.3) Rapporto tra il passante al setaccio 0.075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2/3.
 c.4) Percentuale di usura, determinata con la prova di Los Angeles, non superiore al 50%.
 c.5) Coefficiente di qualità (Deval) del pietrisco non inferiore a 12 e coefficiente di frantumazione del pietrischetto e graniglia non superiore a 200 (secondo CNR fasc. 4/1953).
 c.6) Equivalente in sabbia (prova AASHTO T 176/56, eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento), misurato sulla frazione passante al crivello 5, compreso tra 25 e 65.

Tale controllo dovrà anche essere eseguito per materiale prelevato dopo costipamento. Il limite superiore dell'equivalente in sabbia (65) potrà essere variato in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale: se i materiali sono da impiegare in zona corrispondente ad una trincea, essi dovranno risultare non plastici, se i materiali sono da impiegarsi in zona corrispondente ad un rilevato essi dovranno avere un indice di plasticità inferiore a 4.

- c.7) Indice di portanza CBR (norma ASTM 1883/61 T oppure UNI EN 13286-47) dopo 4 giorni di imbibizione di acqua (eseguito sul materiale passante al crivello 25) non minore di 50. E' inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo dell'umidità di costipamento non inferiore al 4%. Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione deve avvenire sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi c.2, c.3, c.4 e c.5.

Per la posa in opera dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

d) Strato di Fondazione in pozzolana (o similare) stabilizzata con calce idrata

d.1) La pozzolana sarà esente da materie eterogenee rispondente ai requisiti del R.D. n. 2230 del 16/11/1939, ed avere una densità massima di laboratorio superiore a 1.5 KN/mc.

Dovrà appartenere ad una delle seguenti categorie secondo la normativa UNI EN 13242:

- A5 con $8 < I_p < 12$
- A6 e A7
- A2/6 e A2/7 con frazione passante al setaccio 0,4 UNI non inferiore al 30%

d.2) La calce idrata in polvere dovrà avere i requisiti prescritti dal R.D. n. 2231 del 16/11/1939. Dovrà essere depositata in luoghi asciutti a riparo dalle piogge e dalle intemperie.

d.3) La determinazione della quantità di acqua e calce con cui effettuare l'impasto verrà effettuata sperimentalmente in laboratorio su tre miscele con diversi tenori di calce ciascuna con diverse umidità di costipamento.

Il tenore in acqua delle tre miscele sperimentali dovrà essere non inferiore a quello che si avrà operando nelle condizioni di cantiere su una miscela di pari contenuto in calce.

Sulle tre miscele verranno eseguite le seguenti prove:

- determinazione del valore CBR su provini confezionamenti secondo la normativa UNI EN 13286-47 punto 3.2.1., compattati secondo AASHTO Mod. T180 e tenuti a mantenere 7 giorni in aria e 4 giorni in acqua.
- l'indice CBR dovrà risultare non inferiore a 50 con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%;

- determinazione della resistenza a compressione ad espressione laterale libera su provini apribili del tipo CBR, secondo CNR-B.U. n. 29 compattati secondo AASHTO Mod. T180, metodo D, tenuti a maturare in aria a temperatura di circa 20°C per 7 giorni.
- la resistenza a compressione dovrà risultare non inferiore a 10 Kg/cmq. In ogni caso la quantità di calce idrata non potrà essere inferiore a 80 Kg/mc.

e) Strato di base

e.1) Per lo strato di base di conglomerato bituminoso devono essere impiegate sabbie, ghiaie o pietrischi provenienti da cave, costituiti da elementi litoidi sani e tenaci esenti da materie eterogenee.

La granulometria deve presentare una curva a decorso continuo e possibilmente vicino alla curva ideale (parabola di 2° grado) compresa tra i seguenti limiti:

Setacci	Maglie	% in peso del passante
1 1/2"	mm 38,1	100
1"	mm 25,4	77-87
3/4"	mm 19,1	60-78
3/8"	mm 9,52	40-58
n.4	mm 4,76	28-47
n.10	mm 2	20-35
n. 40	mm 0,42	11-20
n.200	mm 0,074	2-6

La composizione da adottare dovrà essere stabilita in base a prove di laboratorio.

e.2) Come leganti sono da usarsi i bitumi solidi rispondenti alle "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali" fascicolo n. 24 - CNR - Ed. 1971.

Il tipo di bitume deve essere stabilito in relazione alle condizioni locali e stagionali. La percentuale del legante deve essere pari al 3,5% 4,5% del peso degli inerti e deve comunque essere la minima che consenta il raggiungimento del valore massimo di stabilità Marshall e compattezza.

La composizione adottata non deve comunque consentire deformazioni permanenti nella struttura della massicciata sotto i carichi statici e dinamici nemmeno alle alte temperature estive, e deve però dimostrarsi sufficientemente flessibile per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque eventuale assestamento del sottofondo anche a lunga scadenza.

e.3) Il conglomerato bituminoso destinato alla formazione dello strato di base deve possedere una stabilità non inferiore a 600 Kg ed uno scorrimento compreso fra 1 e 4 mm determinati secondo la prova Marshall a 60 °C (prova ASTM D 1559) con costipamento di 75 colpi di maglio per faccia.

e.4) Si dovranno usare impianti speciali per la preparazione di conglomerati bituminosi a caldo, tali da assicurare l'essiccamento e la depolverizzazione degli inerti, il riscaldamento degli stessi e del bitume, con verifica della temperatura, nonché l'esatta costante composizione dell'impasto.

f) Strati di collegamento e di usura

f.1) Gli aggregati che saranno utilizzati per questi strati dovranno avere i requisiti prescritti dalle "Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, della sabbia, degli additivi per costruzioni stradali" del fascicolo n. 4, anno 1953, del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Si precisa inoltre:

- che i pietrischetti e le graniglie dovranno provenire dalla frantumazione di materiale litoide, di natura preferibilmente silicea e, comunque, sostanzialmente uniforme, compatto ed esente da parti alterate; dovranno avere i requisiti richiesti per la IV categoria della tabella III (fascicolo n. 4 delle norme predette) per quanto riguarda lo strato di collegamento e per la 1ª categoria della tabella suddetta per quanto si riferisce allo strato d'usura; che i pietrischetti e le graniglie dovranno inoltre essere costituiti da elementi approssimativamente poliedrici con spigoli vivi e superfici ruvide, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei;
- che le sabbie, naturali o di frantumazione, dovranno essere di natura prevalentemente silicea, dure, vive, ruvide al tatto, pulite ed esenti da polvere o da altro materiale estraneo, e devono avere, inoltre, una perdita per decantazione in acqua inferiore al 2%;

- che gli additivi dovranno provenire dalla frantumazione di rocce, preferibilmente calcaree, che possono essere sostituite da cemento, ed anche da leganti bituminosi, purché questi ultimi, prima dell'impiego, siano completamente disgregati;
 - non dovranno essere impiegati i pietrischi, pietrischetti e graniglie contenenti una percentuale elevata di elementi piatti e allungati;
 - per ciascuna pezzatura l'indice dei vuoti non deve superare il valore di 1.
- f.2) Il bitume deve avere i requisiti prescritti dalle "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali", fascicolo n. 24 - CNR - Ed. 1971.
- f.3) La curva granulometrica definitiva dello strato di collegamento dovrà rientrare nei seguenti limiti:

Tipo di vaglio	Percentuale in peso di aggreg. pass. per il vaglio a fianco segnato
1" (mm 25,4)	100
3/4" (mm 19,1)	85-100
1/2" (mm 12,7)	70-90
3/8" (mm 9,52)	60-80
n.4 serie ASTM (mm 4,76)	40-70
n.10 serie ASTM (mm 2,00)	29-50
n.40 serie ASTM (mm 0,42)	15-40
n.80 serie ASTM (mm 0,177)	5-25
n.200 serie ASTM (mm 0,074)	3-5

Il passante al n. 40 non deve avere indice di plasticità superiore a 6.

- f.4) La curva granulometrica definitiva dello strato d'usura dovrà rientrare nei seguenti limiti:

Tipo del vaglio	Percentuale in peso del passante per il vaglio a fianco segnato
1/2" (mm 12,7)	100
3/8" (mm 9,52)	80-100
Fl.4 serie ASTM (mm 4,76)	62-85
n.10 serie ASTM (mm 2,00)	42-66
n.40 serie ASTM (mm 0,42)	20-48
n.80 serie ASTM (mm 0,177)	10-32
n.200 serie ASTM (mm 0,074)	4-9

Devono essere eseguite prove sperimentali sui campioni preparati con pietrischetti, graniglie, sabbie e additivi ai fini della designazione della composizione da adottarsi.

Per il passante del n. 40 l'indice di plasticità non deve superare 6.

- f.5) Il tenore del bitume da mescolare negli impasti, espresso in misura percentuale del peso secco degli aggregati di ciascun miscuglio, deve essere:

- del 4,5÷6 per lo strato di collegamento (conglomerato semichiuso);
- del 5,5÷7,5 per lo strato di usura (conglomerato chiuso).

Il dosaggio in bitume dovrà essere stabilito in base a prove sperimentali sul miscuglio di aggregante prescelto per l'impiego.

- f.6) Il conglomerato bituminoso destinato alla formazione dello strato di collegamento e di usura deve possedere una stabilità non inferiore, rispettivamente, a 800 Kg e 1000 Kg, nonché uno scorrimento compreso fra 1 e 4 mm, per il primo, e fra 1 e 3,5 mm, per il secondo, determinati secondo la prova Marshall a 60 °C (UNI EN 12697-34) con costipamento di 75 colpi di maglio per faccia.

Il conglomerato per lo strato di usura deve avere elevatissima resistenza meccanica interna e all'usura superficiale, sufficiente ruvidità della superficie, grande stabilità e compattezza, impermeabilità praticamente totale.

Gli strati ultimati devono risultare di spessore uniforme e delle dimensioni stabilite nella documentazione di progetto.

- g) Strati in misto cementato.**

g.1) Descrizione

Gli strati in misto cementato per fondazione o per base sono costituiti da un misto granulare di ghiaia (o pietrisco) e sabbia impastato con cemento e acqua in impianto centralizzato a produzione continua con dosatori a peso o a volume. Gli strati in oggetto avranno lo spessore che sarà prescritto dalla Direzione Lavori. Comunque si dovranno stendere strati il cui spessore finito non risulti superiore a 20 cm o inferiore a 10 cm

g.2) Caratteristiche dei materiali da impiegarsi

Inerti. Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava o di fiume con percentuale di frantumato complessivo compresa tra il 30% ed il 60% in peso sul totale degli inerti (la Direzione Lavori potrà permettere l'impiego di quantità di materiale frantumato superiore al limite stabilito, in questo caso la miscela dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione ed a trazione a 7 giorni; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante al setaccio 0.075 mm) aventi i seguenti requisiti:

- 1) l'aggregato deve avere dimensioni non superiori a 40 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- 2) granulometria, a titolo orientativo, compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

Serie crivelli e setacci U.N.I.	Miscela passante: % totale in peso
Crivello 40	100
Crivello 30	80÷100
Crivello 25	72÷90
Crivello 15	53÷70
Crivello 10	40÷55
Crivello 5	28÷40
Setaccio 2	18÷30
Setaccio 0.4	8÷18
Setaccio 0.18	6÷14
Setaccio 0.075	5÷10

- 3) perdita di peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo le norme ASTM C 131 - AASHTO T 96, inferiore o uguale al 30%;
- 4) equivalente in sabbia compreso tra 30 e 60;
- 5) indice di plasticità non determinabile (materiale non plastico).

L'Appaltatore, dopo avere eseguito prove in laboratorio, dovrà proporre alla Direzione dei Lavori la composizione da adottare e successivamente l'osservanza della granulometria dovrà essere assicurata con esami giornalieri.

Verrà ammessa una tolleranza di + 5% fino al passante al crivello 5 e di + 2% per il passante al setaccio 2 e inferiori.

Legante. Verrà impiegato cemento di tipo normale (Portland, pozzolanico, d'alto forno).

Acqua. Dovrà essere esente da impurità dannose, olii, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento con una variazione compresa entro + 2% del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

g.3) Miscela - Prove di laboratorio e in sito

La percentuale esatta di cemento, come pure la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza appresso indicate.

Resistenza. Verrà eseguita la prova di resistenza a compressione ed a trazione sui provini cilindrici confezionati entro stampi C.B.R. (UNI EN 13286-47) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cmc); per il confezionamento dei provini gli stampi verranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1cm rispetto all'altezza dello stampo vero e proprio. Tale eccedenza dovrà essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di cm 17,78. La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli inerti, mescolandone tra loro, con il cemento e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino. Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello UNI 25 mm (o setaccio ASTM ¾")

allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente. La miscela verrà costipata su 5 strati con il pestello e l'altezza di caduta di cui alla norma AASHO T 180 e a 85 colpi per strato, in modo da ottenere un'energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello mm 50,8 peso pestello Kg 4,54, altezza di caduta cm 45,7).

I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 ore e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 20° C); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida.

Operando ripetutamente nel modo suddetto, con impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera, compreso quanto eliminato per vagliatura sul crivello da 25 mm) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio.

Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante.

I provini confezionati come sopra detto dovranno avere resistenze a compressione a 7 giorni non minori di 2,5 N/mm² e non superiori a 4,5 N/mm² ed a trazione secondo la prova "brasiliana" (1) non inferiore a 0,25 N/mm². (Questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di 15%, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo). Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelte la curva, la densità e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

h) Conglomerati drenanti e fonoassorbenti

h.1) Caratteristiche dei materiali

Pietrischi - pietrischetti - graniglie - sabbie ed additivi. I materiali da impiegare dovranno corrispondere ai requisiti di seguito indicati.

Gli inerti impiegati nella confezione dell'asfalto fonoassorbente dovranno soddisfare le prescrizioni emanate dai CNR. EDIZ. 1953 - "Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzione strade", per i materiali di prima categoria.

Gli aggregati lapidei (inerti) saranno di natura eruttivo - magmatica (basalti, dioriti, porfidi quarziferi, graniti). La scelta del tipo di aggregati sarà di esclusiva competenza della Direzione Lavori.

Ciascuna classe granulometrica dovrà avere una granularità omogenea e costante e dovrà essere costituita da elementi provenienti esclusivamente dalla frantumazione di rocce eruttive (basalti, porfidi quarziferi, graniti, diorite e diabasi).

Le sabbie 2 - 4 saranno costituite preferibilmente dall'insieme delle parti fini risultanti dalla produzione per frantumazione delle classi soprariportate.

1. Resistenza alla frantumazione "Los Angeles" (norma AFNOR P 18 - 573; norma CNR B.U. 34/1973)
– per ogni classe di aggregati il valore ammissibile di prova e L.A. non maggiore del 18%.
2. Resistenza all'usura "Micro Deval" (norma NF EN 1097-8)
– per ogni classe di aggregati il valore ammissibile di prova e MS.H. non maggiore di 8
3. Coefficiente di appiattimento (norma AFNOR P 18 - 561)
– per ogni classe di aggregati il valore ammissibile di prova e C.A. non maggiore di 10
4. Coefficiente di abrasibilità accelerata (Polissage), (norma AFNOR NF EN 1097-8)
– con riferimento alla classe di aggregati 6/10 il valore ammissibile di prova è C.P.A. non minore di 0,40.

Legante bituminoso

Premesse:

il legante bituminoso da utilizzare nella produzione "dell'asfalto fonoassorbente" deve possedere elevate proprietà elastomeriche evidenziate da un'ampia capacità di deformazione e da un ritmo elastico durevole anche alle basse temperature; il legante sarà prodotto additivando ad alta temperatura un bitume stradale tipo 80/100 Pen. con polimero idoneo secondo le richieste tecniche di seguito specificate.

Bitumi modificati (modificati polimerici)

Per applicazioni impegnative, si riscontra l'esigenza di modificare le proprietà reologiche dei leganti bituminosi normali e, in ogni caso, di migliorare le caratteristiche prestazionali di questi materiali.

La modifica delle proprietà dei leganti bituminosi attraverso il trattamento o l'aggiunta di polimeri ha i seguenti obiettivi da perseguire:

- aumento dell'intervallo di plasticità e quindi riduzione della suscettibilità termica in un certo campo di temperature (-20 - 70°C);

- aumento dell'adesione (adesività meccanica o passiva);
- aumento della viscosità.

La modifica delle proprietà reologiche deve inoltre portare ad una maggior resistenza alle sollecitazioni e alla loro ripetizione (comportamento e fatica).

La classificazione pratica delle sostanze polimeriche suscettibili di impiego quali additivi dei bitumi è la seguente:

MATERIALI TERMOPLASTICI

polietilene PE

polipropilene PP

cloruro di polivinile PVC

caratterizzate da un progressivo rammollimento per riscaldamento e dal passaggio allo stato liquido ad una determinata temperatura con una fenomenologia simile a quella dei bitumi.

MATERIALI ELASTOPLASTICI

Stirene - Butadiene - Stirene - SBS Radiale e lineare

etilene vinil acetato EVA

etilene propilene monomero EPDM

caratterizzati da una combinazione delle proprietà elastiche e plastiche

MATERIALI ELASTICI

gomme naturali e no

neoprene

stirene butadiene SBR

caratterizzati dal fatto che al riscaldamento si decompongono prima di arrivare alla fusione.

COMPOSTI METALLO-ORGANICI (non polimerici)

caratterizzati dal fatto che provocano un processo di polimerizzazione del bitume in presenza di ossigeno.

Per quanto concerne il bitume di base da modificare (80/100 Pen), anch'esso deve presentare alcuni requisiti di compatibilità con il modificante.

A tale proposito:

- non esiste un bitume di tipo universale in grado di garantire la compatibilità allo stoccaggio per qualunque miscela di bitume/polimero;
- la compatibilità del bitume di base con il polimero modificante è connessa alla natura e composizione dei gruppi idrocarburici componenti la fase maltenica.

La prevalenza di gruppi aromatici favorisce la miscelazione dei polimeri di tipo SBS /Stir. Budat. Stir.; SBR (Stir. But. Rubber) e quella dei gruppi paraffiniconaftenici dei polimeri del tipo PD (PoliEtil.); PP (Poli-prop.); EPDM (EtilPropilDieneMonom).

Per questa imprescindibile condizione, una volta individuato il tipo di bitume che possiede i requisiti di compatibilità con una definitiva categoria di polimeri, è necessario mantenere uniforme nel tempo la sua composizione idrocarburica per garantire la miscibilità con quei polimeri e per ottenere un legante rispondente a specifici requisiti qualitativi.

Requisiti d'accettazione

Poiché il processo d'interazione chimico-fisico dell'elastomero col bitume è condizionato dalla origine del bitume, dalla scelta della temperatura di miscelazione, dal contenuto ottimale di polimero e dalla sua costanza qualitativa, sarà obbligo dell'Appaltatore di presentare in tempo utile una relazione dettagliata riguardante:

- qualità, caratteristiche, quantità e affinità dei componenti il legante elastomerizzato;
- modalità e schemi operativi di produzione nonché temperature di processo, tempi di miscelazione, tempi utili di stoccaggio e temperatura;
- dati di caratterizzazione chimico-fisica e reologica del legante.

Di seguito sono riportati i parametri chimico fisici richiesti: (il bitume base 80 100).

	Bitume modificato ad alta viscosità
Penetrazione a 25° C	50 - 70 dmm
Palla – Anello	+65-+75° C
Fraas	inferiore a - 20°C
VISCOSITÀ a 60°C	non inferiore a 2.000 Pa.s non superiore a 8.000 Pa.s

VISCOSITÀ a 160°C

non inferiore a 0.3 Pa.s non superiore a 0.5 Pa.s.

- descrizione particolareggiata delle apparecchiature, nel caso siano alloggiare in cantiere accanto alla centrale di produzione del conglomerato, necessarie alla preparazione e/o allo stoccaggio del legante elastomerizzato.

È sottointeso che esse devono avere il potenziale di produzione e stoccaggio sufficiente ad assicurare la quantità costante e qualitativamente omogenea di legante elastomerizzata necessaria all'impianto di produzione del conglomerato.

Il serbatoio di stoccaggio dovrà essere dotato di opportuno elemento miscelatore per evitare la segregazione bitume (più pesante) dal polimero (più leggero).

Bitume modificato a bassa viscosità

Penetrazione a 25° C

50 - 80 dmm

Palla – Anello

55 -60°C

Fraas

Inferiore a- 15°C

VISCOSITÀ a 60°C

Non inferiore a 750 Pa.s

Non superiore a 2.000 Pa.s

VISCOSITÀ a 160°C

Non inferiore

a 0.2 Pa.s

Non superiore a 0.3 Pa.s

Tecnologie di additivazione del polimero

È possibile ottenere bitumi modificati in più modi:

A) Additivazione del polimero nel bitume; mediante apposito miscelatore-omogeneizzatore per la realizzazione della dispersione interna del polimero (sia in polvere che in grani). Questo tipo di miscelazione risultava un tempo indispensabile a causa della scarsa stabilità dei polimeri tradizionali. Le condizioni di miscelazione sono influenzate della natura e granulometria del polimero, del tipo di bitume, e ovviamente, dalla temperatura a cui si effettua la miscelazione. Si può ritenere che il tempo di miscelazione sia quello relativo al massimo sforzo corrispondente al tempo di incorporamento del polimero nel bitume (R.I.T. Rubber Incorporated on Time). All'omogeneità del prodotto è correlata la buona riuscita dei lavori.

B) Acquisto di bitumi già modificati dalle compagnie petrolifere. In questo caso è obbligatoria la stabilità allo stoccaggio nel tempo di mescola bitume-polimero. Le imprese dovranno sempre essere provviste di serbatoi di stoccaggio del bitume con pala miscelatrice o con opportuna tubazione di ricircolo.

h.2) Formulazione e studi di laboratorio

Composizione Granulometrica

La miscela degli aggregati e sabbia dovrà essere composta in modo da rientrare interamente nei limiti delle granulometrie riportati di seguito. La quantità di pietrisco dovrà superare l'80% del totale.

Crivelli e setacci UNI	PASSANTE
setaccio 16	85-100
setaccio 10,00	25-30
setaccio 2	10-18
setaccio 0,075	3-6

I limiti di tolleranza indicati potranno subire variazioni solo dopo parere favorevole della Direzione Lavori

Tenore di filler

Qualora il contenuto di elementi inferiore a 80 micron, presenti nelle sabbie di frantumazione 0/4 e 0/2 necessarie alla formulazione della miscela sia insufficiente, dovrà essere prevista l'aggiunta di additivi provenienti dalla macinazione di rocce calcaree o costituiti da calce idrata.

L'additivo (FILLER) prescelto in accordo al parere della Direzione Lavori del Committente dovrà soddisfare ai requisiti stabiliti dalla Norma ASTM D 546.

SETACCI	PASSANTE IN PESO
ASTM MASH	
N° 30	100
N° 100	90
N° 200	65

Con riferimento alla quantità di additivo passante per via umida al setaccio n° 200 più del 50% deve passare a tale setaccio anche a secco: nella composizione granulometrica dovrà essere comunque presente il 2% in peso di filler costituito da calce idrata.

h.3) Ottimizzazione della miscela aggregati - legante modificato

L'Appaltatore è tenuto a presentare entro e non oltre 10 giorni dal verbale di consegna, la composizione delle miscele che intende adottare e il relativo tenore ottimale di bitume modificato. Ogni composizione dovrà essere corredata da una esauriente documentazione degli studi di laboratorio basati sull'ottimizzazione delle caratteristiche di volume mediante prova Marshall secondo il metodo CNR - BU n° 30 del 15.03.73, eseguita su provini costipati con 25, 50, 75 colpi di maglio per faccia.

La temperatura di costipamento dovrà essere definita sulla base delle caratteristiche viscosimetriche ottimali per la mescolazione del legante elastomerizzato con gli aggregati.

Nelle condizioni di ottimizzazione del tenore di legante e del peso di volume, i vuoti liberi nella miscela compatta dovranno risultare maggiori del 18% del volume del conglomerato ed il valore della resistenza a trazione indiretta, misurato alla temperatura di 25°C secondo il testo approvato (Sottocommissione Materiali Stradali e CNR nella riunione del 14.11.1984 rivisto dal G/1 "Stesura formale delle norme" nella riunione del 26.03.1985).

h.4) Requisiti del conglomerato

II conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

- elevatissima resistenza meccanica e cioè capacità a sopportare deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli;
- il valore della resistenza alla trazione indiretta ottenuto alla temperatura di 25°C su provini Marshall (75 colpi di maglio per faccia) dovrà risultare migliore di 0,7 N/mmq;
- percentuale perdita prova Cantabro 25-30%;
- percentuale perdita prove Cantabro su provino Marshall invecchiato 4 gg in acqua a 49° C 35-40%; gli stessi provini per i quali viene determinata la resistenza alla trazione indiretta dovranno presentare una percentuale di vuoti liberi superiore al 18%;
- la misurazione della percentuale dei vuoti non seguirà il metodo tradizionale (provini impermeabilizzati con paraffina).La paraffina infatti tende a riempire i vuoti falsando i dati. I provini andranno impermeabilizzati; mediante nastro adesivo come indicato nella normativa austriaca n° 044 del 1971;
- i provini dovranno essere confezionati con materiale prelevato all'impianto o presso la stesa;
- la temperatura di stesa dovrà essere uguale o superiore a quella di compattazione non dovrà comunque mai superare quest'ultima di più di 10°C;
- capacità di smaltimento sarà determinata mediante cilindro di drenaggio secondo normativa belga;
- la superficie finita dell'impasto bituminoso messo in opera come manto di usura dovrà presentare elevate e durevoli caratteristiche di scabrezza ed antisdruciolevolezza.

La Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati prodotti o di fare eseguire nuove ricerche. L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Appaltatore, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Una volta accettata la composizione proposta, l'appaltatore dovrà ad essa attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

Per quantità di bitume non sarà tollerato uno scollamento dalla percentuale stabilita di + - 0,2%.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame carote prelevate in sito.

Per il cantiere di lavoro dovrà essere disponibile a cura e spese dell'Appaltatore un laboratorio idoneamente attrezzato per le opere ed i controlli in corso di produzione.

Nel laboratorio dovranno essere effettuate, quando necessarie:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi dopo miscelazione;
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli inerti, percentuale del legante percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o della tramoggia di stoccaggio;
- la verifica delle caratteristiche del conglomerato finito (peso di volume, percentuale di vuoti).

Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dell'essiccatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato vidimato dalla Direzione Lavori sul quale l'Appaltatore dovrà registrare tutte le prove ed i controlli effettuati.

In corso d'opera ed ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

5.2 Opere stradali accessorie

5.2.1 Marciapiedi

La pavimentazione dei marciapiedi di nuova realizzazione sarà costituita dai seguenti strati:

- a) strato di fondazione di cm 25 realizzato con miscela inerte granulometricamente corretta di sabbia, ghiaia, pietrisco o di altro materiale di frantumazione, stabilizzato all'acqua, adeguatamente costipato con idonee macchine.
- b) strato di base di cm 15 realizzato in conglomerato cementizio magro non armato di resistenza caratteristica non inferiore ad Rck 15 MPa.
- c) strato di finitura superficiale in "asfalto colato" composto da:
 - sabbia (85% passante al setaccio di mm 2, 15% passante al setaccio di mm 4 e trattenuto al setaccio di mm 2);
 - bitume ossidato (in ragione del 9% del peso della miscela);
 - bitume 80/100 (in ragione del 5% del peso della miscela);
 - filler attivo (in ragione del 14% del peso della miscela).

Per accertare la rispondenza dei materiali impiegati alle caratteristiche richieste dalla progettazione, questi dovranno sottostare agli stessi controlli previsti per i materiali adottati nelle pavimentazioni stradali.

5.2.2 Cordonature lapidee ed in calcestruzzo

Per la posa in opera delle cordonature di norma si procederà formando un tratto di lunghezza pari alla livelletta, costruendo una fondazione continua in cls a qli 2,00 steso in strati ben battuti e livellati tali da formare un sicuro piano d'appoggio per tutti gli elementi. Si procederà successivamente alla posa dei cordoli provvedendo ai necessari aggiustamenti di quota e di linea, solo allora si procederà con il rinfianco della cordonatura. da eseguirsi con cls a qli 2,00 escludendo l'impiego di cls proveniente da scarti di lavorazione. È tassativamente vietato posare i vari elementi su cuscinetti di cls. fatto salvo durante la posa di cordonature provenienti da preesistenti marciapiedi nel caso che gli elementi costituenti siano difformi da quanto precedentemente previsto. A posa ultimata si potrà procedere alla sigillatura dei giunti con boiaccia di cemento a kg 400/mc o, in alternativa con bitume a caldo se espressamente richiesto. Le cordonature dovranno presentarsi perfettamente allineate; se alla verifica con staggia rettilinea della lunghezza di ml 4,00 si dovessero riscontrare differenze tanto di allineamento, quanto di livello, superiori alla tolleranza max di mm 3, le opere eseguite verranno rifiutate.

5.2.3 Opere per lo smaltimento delle acque piovane e per il transito dei sottoservizi

Le cunette saranno di norma costituite da elementi prefabbricati, di forma trapezoidale o ad L, in conglomerato cementizio armato con maglia 12x12 cm in fili di acciaio da 5 mm. Il conglomerato cementizio dovrà avere una resistenza minima a compressione $R_{ck} = 25$ MPa.

I pozzetti di raccolta e i raccordi d'imbocco potranno essere realizzati con elementi prefabbricati o direttamente gettati in opera e le armature dovranno essere proporzionate alla dimensione degli elementi.

Di norma le caditoie, i pozzetti di raccolta, gli imbrocchi di raccordo ed i cunicoli per sottoservizi saranno realizzati in conglomerato cementizio vibrato di resistenza caratteristica non inferiore a $R_{ck} 30$ MPa.

5.2.4 Barriere di sicurezza e parapetti

Le barriere di sicurezza dovranno corrispondere ai tipi adottati dall'Azienda Nazionale Autonoma delle Strade, avere caratteristiche tali da impedire la fuoriuscita del veicolo dalla sede stradale e nello stesso tempo da non respingerlo sulla corsia di traffico; a tale fine è necessario che la struttura della barriera presenti una deformabilità pressoché costante in qualsiasi punto, in modo tale che sia i sostegni sia le fasce presentino uguale deformazione sotto l'azione degli urti. Tutti gli elementi metallici costituenti la barriera devono essere in acciaio di qualità non inferiore a S235, zincato a caldo con una quantità di zinco non inferiore a 300 gr/mq per ciascuna faccia e nel rispetto della normativa UNI EN ISO 1461, ed avere le seguenti caratteristiche minime:

- nastro: spessore minimo 3 mm, profilo a doppia onda, altezza effettiva non inferiore a 300 mm, sviluppo non inferiore a 475 mm, modulo di resistenza non inferiore a 25 Kg/cm;
- paletti di sostegno: se metallici, come è preferibile, devono avere profilo a C di dimensioni non inferiori a 80x120x80 mm, spessore non inferiore a 5 mm, lunghezza non inferiore a 1,65 m per le barriere centrali e 1,95 m per le barriere laterali;
- distanziatori: altezza 30 cm, profondità non inferiore a 15 cm, spessore minimo 2,5 mm, salvo l'adozione in casi speciali (autostrade) di distanziatori del "tipo europeo", già noti;
- bulloneria: a testa tonda ed alta resistenza;
- piastrina: copri-asola antisfilamento di dimensioni 45x100mm e spessore 4mm

6. MODALITA' DI ESECUZIONE

6.1 Pavimentazioni stradali

a) Strato di fondazione di inerti stabilizzati all'acqua

Per la posa in opera dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

a.1) Il piano di posa dello strato di fondazione deve avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale, dopo la stesura ed il costipamento, deve presentarsi uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

Le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello stesso strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso di umidità, o danni dovuti al gelo, lo strato compromesso deve essere rimosso e ricostituito.

a.2) Il costipamento deve essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata, determinata secondo la norma AASHTO T 180 metodo D con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio 3/4".

Se la misura in sito riguarda materiale contenente fino al 25% in peso di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità ottenuta (AASHTO modificata, ottenuta in laboratorio) verrà corretta in base alla formula:

d_c = densità della miscela ridotta

d_a = densità AASHTO modificata

P_c = peso specifico degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm

$$d_c = \frac{100}{\frac{100-x}{d_a} + \frac{x}{P_c}}$$

x = percentuale in peso degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm

Rispetto al valore della densità così aumentata si applicherà la prescrizione del 95%.

Il comportamento globale della fondazione deve essere controllato mediante la misura del modulo di compressione ME determinato con piastra da 30 cm di diametro (Norme Svizzere VSS-SNV-7031 7). Il valore ME, misurato in condizioni di umidità prossima a quella ottima di costipamento, ed al primo ciclo di carico, deve essere superiore a 100 N/mm²; cioè, in corrispondenza di un intervallo di carico compreso tra 0,15 e 0,25 N/mm² non si devono verificare deformazioni maggiori di cm 0,03.

a.3) Lo spessore deve essere quello prescritto, con una tolleranza in più od in meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

b) Strato di Fondazione in pozzolana (o similare) stabilizzata con calce idrata

Per la posa in opera dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

b.1) Il piano di posa dello strato di fondazione deve avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo. L'operazione di miscelazione dovrà essere preceduta, se necessario, da quella di frantumazione della pozzolana ottenuta mediante passate successive di idonea attrezzatura tipo pulvimixer.

Terminata l'operazione la pozzolana dovrà essere inumidita o essiccata mediante aerazione, fino ad ottenere l'umidità ottimale determinata nelle prove di laboratorio con un tolleranza di $\pm 2\%$.

L'eventuale aggiunta d'acqua è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori. Acquisita l'umidità ottima si procederà alla stesa della calce, mediante impiego di apposita attrezzatura a coclea, nella misura a metro quadrato tale da raggiungere la percentuale prevista in sede di progetto della miscela.

La calce idrata dovrà essere sparsa solamente su quella parte del terreno che si prevede di completare entro l'orario di lavoro dello stesso giorno, nessun macchinario o altro mezzo, eccetto quello usato per miscelare, potrà attraversare la zona in cui è stata sparsa di fresco la calce idrata fino a quando questa non sia stata miscelata con la pozzolana.

La miscelazione avverrà eseguendo un adeguato numero di passate di idonea attrezzatura tipo pulvimixer al fine di ottenere una miscela continua ed uniforme. Le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato. Verificandosi comunque eccesso di umidità, o danni dovuti al gelo, lo strato compromesso deve essere rimosso e ricostruito.

b.2) Ad avvenuta uniforme miscelazione della pozzolana acqua calce idrata, l'impasto dovrà essere immediatamente costipato con rulli a piastre e a punta.

Il costipamento deve essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata, determinata secondo la norma AASHTO T180.

Il comportamento globale della fondazione deve essere controllato mediante la misura del modulo di compressione ME determinato con piastra da 30 cm di diametro (Norme Svizzere SNV-7031 7).

Il valore ME, misurato in condizioni di umidità prossima a quella ottima di costipamento, ed al primo ciclo di carico, deve essere superiore a 100 N/mm² cioè in corrispondenza di un intervallo di carico compreso tra 0,15 e 0,25 N/mm² non si devono verificare deformazioni maggiori di cm 0,03.

b.3) Una volta terminate le operazioni di costipamento lo strato dovrà essere protetto per un periodo di almeno 20 giorni con sabbia o emulsione bituminosa onde evitare perdite di contenuto di umidità della miscela. Il traffico potrà essere aperto dopo almeno 20 giorni.

b.4) Lo spessore deve essere quello prescritto, con una tolleranza in più od in meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

c) Strato di base

Lo spandimento del materiale dovrà avvenire a temperatura non inferiore a 130 °C.

L'operazione dovrà essere eseguita (salvo nel caso di piccole superfici) a mezzo di macchina automatica spanditrice finitrice e la compattazione di ogni strato dovrà essere rifinita con rulli meccanici di peso da 5 a 14 tonnellate.

I singoli strati dovranno essere sovrapposti con la maggior rapidità possibile.

Le giunzioni, in occasione delle riprese di lavoro, ai margini contro le eventuali murature, dovranno essere spalmate con bitume e battute a mano con idonei attrezzi.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto oltre 1 cm, controllato per mezzo di un regolo di m 4,5 di lunghezza e disposto su due direzioni ortogonali.

A costipamento ultimato, prima della stesa dei successivi strati di pavimentazione, il peso di volume del conglomerato non deve essere inferiore al 98% del peso di volume del provino Marshall costipato in laboratorio col contenuto ottimo di bitume.

La percentuale dei vuoti residui sui campioni di massiccata prelevati non deve superare il 7%.

d) Strati di collegamento e di usura

Per la posa in opera dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

Prima della posa in opera degli impasti si deve procedere ad un'accurata pulizia della superficie da rivestire, mediante energico lavaggio e soffiatura, ed alla spalmatura di un velo continuo di legante di ancoraggio.

Immediatamente dopo deve fare seguito lo stendimento del conglomerato semiaperto per lo strato di collegamento in maniera che a lavoro ultimato la carreggiata risulti perfettamente sagomata con i profili e le pendenze prescritte.

Analogamente si deve procedere per la posa in opera dello strato di usura.

L'applicazione dei conglomerati bituminosi viene fatta a mezzo di macchine spanditrici-finitrici, in perfetto stato d'uso.

Il materiale deve essere disteso a temperatura non inferiore ai 40°C.

I singoli strati dovranno essere compressi con rulli meccanici del peso di 14 tonnellate.

In corrispondenza dei giunti di ripresa del lavoro e dei giunti longitudinali tra due strisce adiacenti si deve procedere alla spalmatura con uno strato di bitume a caldo allo scopo di assicurare impermeabilità ed adesione alle superfici di contatto.

Ogni giunzione deve essere battuta e finita con appositi pestelli a base rettangolare opportunamente scaldati.

La cilindratura deve essere continuata sino ad ottenere un sicuro costipamento; lo strato, al termine delle cilindature, non deve presentare vuoti per un volume complessivo superiore al 5% per quello di collegamento e al 4% per quello di usura.

e) Strati in misto cementato.

e.1) Preparazione.

La miscela verrà confezionata in appositi impianti centralizzati con dosatori a peso o a volume. La dosatura dovrà essere effettuata sulla base di un minimo di tre assortimenti, il controllo della stessa dovrà essere eseguito almeno ogni 1500 mc di miscela.

e.2) Posa in opera

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia accertata dalla Direzione dei Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli lisci vibranti o rulli gommati (oppure rulli misti vibranti e gommati) tutti semoventi. L' idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla Direzione Lavori su una stesa sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (Prova di costipamento).

La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambientali inferiori a 0° C e superiori a 25° C né sotto pioggia. Potrà tuttavia essere consentita la stesa a temperature comprese tra i 25° C e i 30° C. In questo caso, sarà necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di miscelazione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); sarà inoltre necessario provvedere ad abbondare bagnatura del piano di posa del misto cementato. Infine, le operazioni di costipamento e di stesa dello strato di protezione con emulsione bituminosa dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature di 15° C-18° C ed umidità relative del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relative anch'esse crescenti; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa all'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente un'eccessiva evaporazione del getto.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma 1 o 2 ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali di ripresa, che andranno protetti con fogli di polistirolo espanso (o materiale similare) conservati umidi.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola, e togliendo la tavola stessa al momento della ripresa del getto; se non si fa uso della tavola, sarà necessario, prima della ripresa del getto, provvedere a tagliare l'ultima parte del getto precedente, in modo che si ottenga una parete verticale per tutto lo spessore dello strato.

Non saranno eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa. Il transito di cantiere sarà ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche, o da altre cause, dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Appaltatore.

e.3) Protezione superficiale

Subito dopo il completamento delle opere dei costipamento e di rifinitura, dovrà essere eseguito lo stendimento di un velo protettivo di emulsione bituminosa al 55% in ragione di 1÷2 kg/mq, in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto ed il successivo spargimento di sabbia.

e.4) Norme di controllo delle lavorazioni e di accettazione

La densità in sito dovrà essere maggiore o uguale al 97% della densità di progetto. Il controllo di detta densità dovrà essere eseguito con cadenza giornaliera (almeno una prova per giornata lavorativa) prelevando il materiale durante la stesa ovvero prima dell'indurimento; la densità in sito si effettuerà mediante i normali procedimenti a volumometro, con l'accorgimento di eliminare dal calcolo, sia del peso che del volume, gli elementi di dimensione superiore a 25 mm.

Ciò potrà essere ottenuto attraverso l'applicazione della formula di trasformazione, oppure attraverso una misura diretta consistente nella separazione mediante vagliatura degli elementi di pezzatura maggiore di 25 mm e nella loro sistemazione nel cavo di prelievo prima di effettuare la misura col volumometro. La sistemazione di questi elementi nel cavo dovrà essere effettuata con cura, elemento per elemento, per evitare la formazione di cavità durante la misurazione del volume del cavo stesso. Il controllo della densità potrà anche essere effettuato sullo strato finito (almeno con 15 o 20 giorni di stagionatura), su provini estratti da quest'ultimo tramite carotatrice; la densità secca ricavata come rapporto tra il peso della carota essiccata in stufa a 105 o 110° C fino al peso costante ed il suo volume ricavato per mezzo di pesata idrostatica previa paraffinatura del provino, in questo caso la densità dovrà risultare non inferiore al 100% della densità di progetto.

Nel corso delle prove di densità verrà anche determinata l'umidità della miscela, che, per i prelievi effettuati alla stesa, non dovrà eccedere le tolleranze indicate al punto e.2) del presente articolo.

La resistenza a compressione ed a trazione verrà controllata su provini confezionati e stagionati in maniera del tutto simile a quelli di studio preparati in laboratorio, prelevando la miscela durante la stesa e prima del costipamento definitivo, nella quantità necessaria per il confezionamento dei sei provini (tre per le rotture a compressione e tre per quelle a trazione) previa la vagliatura al crivello da 25 mm. Questo prelievo dovrà essere effettuato almeno ogni 1500 mc di materiale costipato.

La resistenza a 7 giorni di ciascun provino, preparato con la miscela stesa, non dovrà discostarsi da quella di riferimento preventivamente determinato in laboratorio di oltre 20%; comunque non dovrà mai essere inferiore a 2,5 N/mmq per la compressione e 0,25 N/mmq per la trazione.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di m 4,50 di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali, e tale scostamento non potrà essere che saltuario. Qualora si riscontri un maggior scostamento della sagoma di progetto, non è consentito il ricarico superficiale e l'Appaltatore dovrà rimuovere a sua totale cura e spese lo strato per il suo intero spessore.

f) Conglomerati drenanti e fonoassorbenti

f.1) Formazione e confezione delle miscele.

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianto fisso automatizzato, di idonee caratteristiche, mantenuto sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione dell'impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta classificazione degli aggregati.

L'impianto dovrà garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto, per questo dovrà essere posta massima cura nella messa a punto dei predosatori.

Il dosaggio dei filler dovrà essere eseguito a peso mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del legante alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il suo perfetto dosaggio.

La zona destinata all'ammonimento degli inerti sarà preventivamente e convenzionalmente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli

aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 3 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi e alle sabbie impiegate.

Il tempo e la temperatura di mescolazione saranno stabiliti in funzione delle caratteristiche dell'impianto e del legante elastomerico, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti ed evitare lo scolo del legante nella granulometria aperta.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione dovrà essere tra 150° e 170°C, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori in rapporto al tipo di bitume modificato impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,20%.

f.2) Posa in opera delle miscele

Lo stato di usura verrà posto in opera solo dopo che siano state eseguite tutte le operazioni di ripristino e manutenzione del fondo prescritte dalla Direzione Lavori per il tratto da coprire, seguirà un'accurata pulizia della superficie di appoggio mediante energica soffiatura ed eventuale lavaggio e la successiva distribuzione con idonea attrezzatura.

La posa in opera del conglomerato bituminoso verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti e segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stessa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali, le cui pareti dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Il giunto trasversale per attacco e fine stesa dovrà obbligatoriamente essere realizzato a 45°.

Il trasporto del conglomerato dell'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, dovrà risultare corrispondente al tipo di bitume modificato impiegato rispettivamente 175°C per il legante bituminoso elastomerizzato con gomma polverizzata e olii aromatici di 150°C con bitumi modificati con materiali terpo-plastici o elastoplastici in ogni caso non dovrà essere inferiore a 140°C.

Visto il particolare tipo di miscela ed il suo spessore, la stesa dovrà essere effettuata preferibilmente nelle ore della giornata in cui le temperature dell'aria sono più elevate: la temperatura dell'ambiente non dovrà essere inferiore a 18°C.

La lavorazione in condizioni diverse dovrà essere preventivamente autorizzata dalla Direzione Lavori che suggerirà anche eventualmente le cautele da adottare.

Strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'Appaltatore.

La compattazione del conglomerato dovrà iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità.

La compattazione (senza vibrazioni) sarà realizzata a mezzo di rulli a ruote metalliche (peso fino a 10 t.), tutti in numero adeguato ed aventi idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Al termine della compattazione il tappeto dovrà avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 97% di quella Marshall riscontrata nei controlli all'impianto e/o alla stesa.

La percentuale di vuoti residui, effettuata su carote prelevate alla stesa, dovrà comunque risultare maggiore del 18%.

La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente.

Saranno tollerati scostamenti contenuti nel limite di mm 4. Il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto.

f.3) Membrana o strato impermeabilizzante

La membrana impermeabilizzante verrà realizzata mediante la spruzzatura a caldo di uno strato sottile di legante elastomerizzato, dello stesso tipo di quello utilizzato in conglomerato speciale, sulla superficie di appoggio di quest'ultimo.

Il legante elastomerizzato verrà distribuito sulla sede stradale asciutta, preventivamente pulita e depolverizzata, mediante cisterna semovente munita di barra spruzzatrice e di pompa dosatrice.

La quantità di legante spruzzata a caldo dovrà essere calibrata in modo da ricoprire con spessore omogeneo la superficie stradale con 2 kg/mq di legante con tolleranza + -0,2.

Le caratteristiche chimico-fisiche e reologiche del legante elastomerizzato già spruzzato devono essere identiche a quelle del legante appena prodotto.

Immediatamente dopo la spruzzatura della membrana e prima che la sua temperatura sia scesa al di sotto di 90°C si provvederà all'operazione di granigliatura mediante spandimento con apposita macchina, di pietrischetto prebitumato di classe d/D, 6/10.

Le caratteristiche di idoneità del pietrischetto devono essere identiche a quelle stabilite dal capitolato per gli aggregati di classe 6/10.

Con anticipo di almeno una settimana sui tempi di granigliatura della membrana, pietrischetto dovrà essere perfettamente rivestito a caldo ed in centrale con bitume tipo 60/70 PEN nella quantità di 0,6 - 0,8% sul peso degli inerti. Il bitume usato dovrà risultare additivato con 0,4% in peso di adesività di provate qualità.

L'operazione di granigliatura dovrà essere immediatamente seguita da un'energica rullatura con rulli muniti di cilindro rivestito di gomma al fine di ancorare nella membrana il pietrischetto laccato.

Al fine di evitare il pericolo di incollatura di pietrischetto laccato sui rulli di compattazione, si dovrà polverizzare su di essi un prodotto antiadesivo.

Dopo l'operazione di rullatura, tutto il pietrischetto laccato eccedente e quello non perfettamente ancorato alla membrana verranno eliminati mediante motospazzatrice aspirante. Al termine dell'operazione tutta la superficie trattata dovrà risultare libera da elementi di rigetto.

La quantità di pietrischetto laccato dovrà risultare saldamente ed uniformemente ancorata alla membrana e dovrà essere tale da impedire l'incollaggio delle ruote dei mezzi ed eventuali rifluimenti della mano d'attacco.

A scelta della Direzione Lavori e in funzione della geografia la membrana a caldo potrà essere sostituita da emulsione bituminosa delle caratteristiche sotto precisate:

- bitume base modificato ad alta viscosità;
- contenuto in acqua max 30% secondo Norme CNR 101/84;
- contenuto legante minimo 70%;
- contenuto bitume + polimero residuo della distillazione secondo Norme CNR 100/84 min. 67%;
- contenuto di flussante max 3%;
- demulsività A.S.T.M D 244/72 tra 70 e 100%;
- omogeneità trattenuto al setaccio n° 20 A.S.T.M D 224/72 max 0,2;
- sedimentazione a 5 giorni = max 5%;
- viscosità Engler a 20°C secondo Norme CNR 102/84 oltre 20° Engler;
- residuo bituminoso secondo CNR 24/71, 100-120 dmm pen. A '25°C;
- Palla Anello secondo CNR 35/73 75-85°C.

6.2 Opere stradali accessorie

6.2.1 Opere per lo smaltimento delle acque piovane e per il transito dei sottoservizi

La posa degli elementi prefabbricati dovrà essere realizzata, previa effettuazione di uno scavo di sezione corrispondente a quella dei prefabbricati, su sottofondo di materiale arido debitamente regolarizzato e costipato o su sottofondo di calcestruzzo magro. I giunti tra i vari elementi dovranno essere sigillati con malta cementizia. Al fine di garantire la stabilità degli elementi prefabbricati, dovranno essere previsti idonei sistemi di ancoraggio al terreno opportunamente intervallati.

6.2.2 Barriere di sicurezza e parapetti

Devono essere adottate le seguenti modalità di posa in opera:

- la barriera deve essere posta in opera in modo che il suo bordo superiore si trovi ad un'altezza non inferiore a 70cm sul piano viabile;
- i paletti devono essere posti a distanza reciproca non superiore a 3,60m ed infissi in terreno di normale portanza per una lunghezza non inferiore a 0,95m per le barriere centrali e 1,20m per le barriere laterali;
- i nastri devono avere una sovrapposizione non inferiore a 32cm

Qualora i sostegni non potessero essere infissi sull'opera d'arte, si procederà al loro fissaggio mediante una piastra metallica ancorata al calcestruzzo con quattro bulloni prigionieri.

I parapetti saranno realizzati con acciaio di qualità non inferiore a S235 con zincatura a caldo con una quantità di zinco non inferiore a g 300 per metro quadro e per ciascuna fascia nel rispetto della norma UNI EN ISO 1461.

Ad intervalli non superiori a 4 m, dovranno essere installati dispositivi rifrangenti aventi area non inferiore a cmq 50, in modo che le loro superfici risultino pressoché normali all'asse stradale.

7. CONTROLLI DI QUALITÀ

L'Appaltatore non è tenuto a redigere il documento; "PIANO DI QUALITÀ DI COSTRUZIONE E INSTALLAZIONE – PAVIMENTAZIONI ED OPERE STRADALI ACCESSORIE".

Si evidenzia comunque che a carico dell'Appaltatore medesimo permangono comunque gli obblighi descritti nei capitoli precedenti della presente Sezione di CSA – Parte B.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 12:

SOTTOSERVIZI E FOGNATURE

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. P. De Martini		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023

INDICE

1	DEFINIZIONI.....	1
2	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	1
3	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	4
3.1	Ambiti di intervento	4
3.1.1	Canalizzazioni idrauliche	5
3.1.2	Predisposizioni per le linee elettriche e telefoniche mediante cavidotti	5
3.1.3	Disfacimento pavimentazione e ripristini stradali per posa di tubazioni di gas e acquedotto.	5
3.2	Gestione dell'area di cantiere, operatività delle altre Imprese per la realizzazione dei lavori non compresi nel presente Appalto	5
4	MODALITA' DI ESECUZIONE	6
4.1	Bonifica da ordigni bellici	6
4.2	Tracciamenti	6
4.3	Demolizioni	6
4.4	Scavi	6
4.4.1	Scavi in trincea	6
4.4.2	Scavi per la posa dei tubi e successivo riempimento dei cavi.....	8
4.4.3	Scavi in sotterraneo	9
4.4.4	Materiali di risulta.....	10
4.4.5	Norme antinfortunistiche	10
4.4.6	Norme generali per l'esecuzione dei lavori	11
4.5	Predisposizioni per garantire la continuità del servizio delle fognature.....	11
4.6	Drenaggi e opere di aggettamento	12
4.7	Reinterri	12
4.8	Ripristino di scavi eseguiti in terreni coltivati e non, giardini, etc.....	13
4.9	Ripristini stradali	14
4.10	Posa in opera delle tubazioni in materiale plastico PVC – PEa.d.	14
4.10.1	Trasporto	14
4.10.2	Carico e scarico.....	14
4.10.3	Accatastamento	14
4.10.4	Letto di posa e rinfianco	15
4.10.5	Taglio dei tubi.....	17
4.10.6	Pezzi speciali.....	17
4.10.7	Collegamenti speciali	17
4.10.8	Innesti successivi e derivazioni.....	17
4.11	Posa in opera delle tubazioni in C.A.	18
4.11.1	Letto di posa.....	18
4.11.2	Modalità esecutive per la posa in opera	19
4.12	Posa in opera delle tubazioni in acciaio	22
4.12.1	Scarico, maneggio, trasporto, sfilamento dei tubi	22
4.12.2	Posa in opera delle condotte in acciaio	22
4.12.3	Pulizia dei tubi, verifica e preparazione delle testate	22
4.12.4	Curve	23
4.12.5	Saldatura elettrica	23
4.13	Posa in opera in galleria.....	25
4.14	Risanamento e consolidamento delle condotte fognarie per mezzo del relining.....	25
4.14.1	Relining completo	25
4.14.2	Relining localizzato	27
4.15	Realizzazione delle canalizzazioni in muratura	27
4.15.1	Realizzazione in trincea	27

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B2
Sezione n. 4: Demolizioni

4.15.2	Realizzazione in galleria	28
4.16	Pozzetti di ispezione per fognature	28
4.16.1	Ubicazione	29
4.16.2	Caratteristiche costruttive	29
4.16.3	Dispositivi di chiusura e di coronamento	29
4.16.4	Gradini d'accesso	29
4.16.5	Pozzetti prefabbricati	29
4.16.6	Pozzetti realizzati in opera	29
4.16.7	Allacciamenti alla canalizzazione di fognatura.....	30
4.17	Caditoie di raccolta superficiale	30
4.18	Manufatti in calcestruzzo	31
4.19	Opere metalliche in genere	31
4.19.1	Prescrizioni generali	31
4.19.2	Manufatti in acciaio	31
4.19.3	Fornitura, prefabbricazione e montaggio delle strutture metalliche	32
4.19.4	Norme di esecuzione dei lavori.....	32
4.19.5	Lavori di montaggio	34
4.19.6	Prove, qualifiche e collaudi	36
4.20	Micropali per paratia "Berlinese"	37
5	CONTROLLI DI QUALITA'	38
5.1	Generalità.....	38
5.2	Qualità dei materiali e relative prove	38
5.3	Acqua.....	38
5.4	Leganti idraulici - calci aeree - pozzolane	38
5.5	Ghiaia, ghiaietti, pietrisco e sabbie	38
5.6	Materiali ferrosi	39
5.7	Tubazioni e protezioni	39
5.7.1	Protezione interna dei condotti fognari	39
5.7.2	Tubazioni in PVC	40
5.7.3	Tubazioni in PEa.d. PE100	41
5.7.4	Tubazioni in PEa.d. strutturato di tipo corrugato	41
5.7.5	Tubazioni in acciaio	41
5.7.5.1	Tolleranze	41
5.7.5.2	Tipi di acciaio.....	42
5.7.6	Tubi di calcestruzzo armato e non armato	42
5.7.6.1	Generalità.....	42
5.7.6.2	Requisiti	42
5.7.6.3	Classificazione dei tubi.....	43
5.7.6.4	Composizione del calcestruzzo	43
5.7.6.5	Accettazione e marcatura	44
5.7.6.6	Rivestimento.....	44
5.7.6.7	Anello elastomerico	45
5.7.6.8	Giunti	46
5.7.6.9	Altre norme di riferimento per tubi in calcestruzzo.....	46
5.8	Chiusini e coperture	46
5.9	Legnami	47
5.10	Specifiche di prestazione e modalità di prova. Tubazioni in acciaio per fognatura	47
5.10.1	Condizioni tecniche di fornitura	47
5.10.2	Prove di stabilimento.....	48
5.10.3	Modalità di prova	48
5.11	Prova idraulica di tenuta dei collettori gettati in opera in trincea ed in galleria.....	48
5.12	Collaudo delle tubazioni in PVC	49

1 DEFINIZIONI

La presente sezione del Capitolato riguarda tutte le lavorazioni necessarie allo spostamento dei sottoservizi atti ad eliminare le interferenze con i lavori per la realizzazione della tratta di metropolitana di Torino LINEA 2 – Lotto generale Politecnico-Rebaudengo.

In particolare, le interferenze si hanno in corrispondenza dei tratti in cut and cover (Gallerie artificiali), dei pozzi intertratta e delle nuove stazioni.

Per quanto riguarda il tratto in galleria le uniche possibili interferenze sono connesse all'attività di consolidamento del fronte di scavo da effettuarsi dal piano strada o per gli interventi di consolidamento degli edifici da effettuarsi sempre da piano strada. Per tale attività non verranno effettuate deviazioni dei sottoservizi se non per le sole reti fognarie perché i consolidamenti saranno preceduti da parte dell'Appaltatore da un'attenta individuazione dei sottoservizi presenti mediante scavi di assaggio, in modo tale da distribuire le perforazioni senza interferire con essi.

I sottoservizi interferenti da deviare sono:

- rete fognaria nera, e bianca (SMAT);
- bealere (Consorzi irrigui e SMAT)
- rete elettrica (Enel Distribuzione, TERNA, IRETI);
- reti telefoniche e dati (TELECOM, BT, FASTWEB, OPEN FIBER, WIND, COLT, RETELIT, UNITO);
- rete illuminazione e semaforica (IRETI);
- rete del teleriscaldamento (IREN)
- rete acquedotto (SMAT);
- rete gas (SNAM, ITALGAS);
- trasporto pubblico (GTT);
- piazzole Amiat (AMIAT).

2 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

L'Appaltatore dovrà eseguire i lavori per l'adeguamento di tutti i sottoservizi intersecati dagli interventi del progetto o comunque logisticamente incompatibili con le nuove opere.

I lavori elencati nel capitolo 3.1 saranno eseguiti direttamente dall'Appaltatore.

Per la deviazione e/o i ripristini dei sottoservizi non direttamente di sua competenza (fornitura e posa in opera dei materiali, allacciamenti alle utenze, collaudo e attivazione, rilievo finale e distribuzione di segnaletica identificativa) l'Appaltatore dovrà consentire gli accessi e fornire l'assistenza agli Enti gestori o a terzi da essi delegati, predisponendo le opere civili pertinenti agli impianti in base alle prescrizioni progettuali dei medesimi Enti e all'approvazione della Direzione Lavori.

Le informazioni relative a posizione, numero e ingombri delle reti di sottoservizi sia pubblici che privati (es.allacci ai fabbricati) esistenti nel sottosuolo e riportate negli elaborati contrattuali sono state desunte dalla cartografia reperita presso i rispettivi enti gestori; è onere e responsabilità dell'Appaltatore verificare con sondaggi diretti, misure e quant'altro occorre, la corrispondenza fra gli elaborati contrattuali ed il reale posizionamento plano-altimetrico delle infrastrutture interrate esistenti nonché l'adozione di tutti i provvedimenti necessari al fine di garantirne l'integrità (ad esempio modificando localmente la spaziatura dei micropali in corrispondenza di una condotta ovvero procedere al sostegno, durante la fase di cantiere, di tubazioni per le quali non è previsto alcun spostamento e al di sotto delle quali si dovranno eseguire degli scavi). Preventivamente all'esecuzione di perforazioni nel sottosuolo, al fine di procedere ad una precisa localizzazione delle reti di sottoservizi esistenti e minimizzare pertanto il rischio di possibili danneggiamenti,

L'Appaltatore, previa autorizzazione da parte della Direzione dei Lavori, dovrà procedere nel rispetto della seguente procedura:

- Contattare ciascun ente gestore al fine di localizzare eventuali pubblici servizi non segnalati negli elaborati progettuali e di individuare possibili problematiche connesse all'esecuzione delle perforazioni; presentare alla Direzione dei Lavori l'elenco degli enti (e delle persone) contattati.
- Fornire alla Direzione dei Lavori planimetria riportante i pubblici servizi e gli eventuali manufatti presenti, con l'effettiva ubicazione verificata con i rispettivi enti gestori, nel sottosuolo in corrispondenza dell'area di perforazione, sia esistenti che di nuova realizzazione; nella medesima planimetria dovrà inoltre essere riportata l'ubicazione delle perforazioni di prossima esecuzione.
- Concordare con la Direzione dei Lavori l'esecuzione di trincee esplorative; nel caso in cui tali trincee non dovessero evidenziare alcuna interferenza, codesto Appaltatore sarà comunque tenuto a verificare con il relativo ente gestore eventuali interferenze a quote sottostanti quelle delle suddette trincee.
- Ottenere formale autorizzazione dalla Direzione dei Lavori (con controfirma della planimetria per procedere)

L'esecuzione, previa autorizzazione da parte della Direzione dei Lavori, di trincee esplorative finalizzate all'individuazione delle interferenze esistenti sarà compensata a misura con i prezzi previsti in contratto. A scavi ultimati sarà onere dell'Appaltatore verificare in contraddittorio con i rispettivi enti gestori le reti ancora in esercizio e quelle eventualmente già dismesse o da dismettere. In ogni caso, per tutte le reti elettriche, telefoniche, del gas e della rete di acquedotto, l'Appaltatore dovrà concordare con i rispettivi enti gestori i tempi e le modalità per l'eventuale messa fuori servizio che resta in ogni caso sempre, per evidenti ragioni di sicurezza, da eseguire da parte dell'ente gestore.

In caso di mancata corrispondenza tra quanto riportato negli elaborati contrattuali e lo stato di fatto dei sottoservizi tale da impedire una completa risoluzione delle interferenze secondo gli schemi previsti in progetto, sarà onere dell'Appaltatore procedere ad un adeguamento delle deviazioni delle interferenze; per tale attività è previsto in contratto apposito compenso a corpo. Il suddetto adeguamento dovrà essere redatto in accordo e nel pieno rispetto delle indicazioni fornite dai rispettivi enti gestori, e dovrà essere sottoposto all'approvazione della Direzione dei Lavori. Nessun ulteriore compenso potrà essere richiesto.

In caso di danno procurato alle reti di sottoservizi nel corso dei lavori previsti in contratto, l'Appaltatore dovrà darne immediata comunicazione all'ente gestore di competenza ed alla Direzione dei Lavori.

Ai sensi di quanto descritto in precedenza, in caso di danneggiamento di infrastrutture interrato di proprietà di terzi l'Appaltatore sarà ritenuto unico responsabile anche nel caso di mancata indicazione delle stesse negli elaborati progettuali, essendo prevista e compensata, come sopra descritto, la ricerca dei pubblici servizi.

Ogni variazione rispetto agli elaborati contrattuali in termini di tracciato, dimensioni, ecc. delle deviazioni dei pubblici servizi interferenti dovrà essere preceduta da formale approvazione dell'ente gestore di competenza e, a seguire, della Direzione dei Lavori.

A lavori ultimati sarà cura dell'Appaltatore eseguire il rilievo e il disegno georeferenziato e quotato, con la descrizione delle principali caratteristiche delle opere di nuova costruzione e delle deviazioni di quelle esistenti e di tutti i sottoservizi non fognari ripristinati ricadenti nelle aree di cantierizzazione.

Per ogni tipo di lavoro riguardante le interferenze con sottoservizi, l'Appaltatore dovrà preventivamente concordare con gli Enti interessati programmi e modalità esecutive. Nel caso in cui i lavori (scavi) interferiscano sia per parallelismo che per attraversamento con infrastrutture a rete presenti nel sottosuolo di cui non è previsto lo spostamento, è onere dell'Appaltatore predisporre tutti gli accorgimenti per garantirne la funzionalità durante i lavori. Saranno imputati a negligenza dell'Appaltatore tutti i danni che a queste opere fossero arrecati nonché quelli derivanti dalle conseguenti interruzioni nell'erogazione dei servizi.

Ad ogni modifica delle interferenze esistenti è onere dell'Appaltatore, anche laddove non espressamente indicato, ripristinare le opere civili relative ai raccordi con la rete esistente; laddove risulti una configurazione diversa dalle precedenti è onere dell'Appaltatore eseguire il rilievo e il disegno quotato del ripristino.

I lavori per la risoluzione delle interferenze dovranno essere realizzati in modo da garantirne sempre il servizio. E quindi è onere dell'Appaltatore prevedere, ove richiesto, fasi di lavoro compatibili con fasi di realizzazione delle opere sotterranee e/o deviazioni provvisorie. In particolare, per quanto concerne le fognature, anche laddove non espressamente indicato, l'Appaltatore dovrà procedere ad individuare una fognatura esistente utilizzabile e realizzare l'opera provvisoria di recapito degli scarichi.

L'Appaltatore, nel realizzare le deviazioni delle fognature avrà cura di individuare e ripristinare la funzionalità di tutti gli scarichi provenienti dalle abitazioni interessate.

L'Appaltatore dovrà garantire l'accessibilità dei passi carrabili durante gli spostamenti di tutte le reti di sottoservizi, particolare cura dovrà essere posta durante la realizzazione delle deviazioni fognarie in adiacenza con i fabbricati. Ad esempio, potranno essere realizzate delle passerelle metalliche, adeguatamente protette, per garantire il transito in sicurezza sia dei mezzi che dei pedoni.

Sono a carico dell'Appaltatore la posa in opera delle polifore e la realizzazione dei manufatti in corrispondenza degli scavalchi e degli attraversamenti della galleria di linea, dei pozzi intertratta e delle stazioni; qualora il mantenimento in esercizio delle reti dei sottoservizi imponga la realizzazione di strutture provvisorie, cunicoli, deviazioni o altre opere di natura temporanea, legate alla tempistica di realizzazione della metropolitana ed opere connesse, è onere dell'Appaltatore predisporre le necessarie strutture civili atte a garantire la continuità di esercizio delle linee dei sottoservizi, con particolare attenzione ad aspetti legati alla sicurezza sia delle reti, sia nei confronti delle lavorazioni in cantiere. Tali strutture dovranno di volta in volta essere concordate e autorizzate dagli enti gestori di competenza e dalla Direzione dei Lavori.

Tutte le operazioni di scavo sia in galleria (naturale o artificiale), sia a cielo aperto (sbancamento o trincea) saranno monitorate mediante apposita strumentazione per rilevare gli effetti deformativi indotti in superficie e sui fabbricati disposti in prossimità dell'opera. In particolare, è onere dell'Appaltatore tenere sotto controllo i cedimenti indotti in superficie e nel terreno a differenti profondità al fine di evitare qualunque danno alle proprietà private prospicienti l'area di cantiere (si veda la sezione Monitoraggi n.15 del presente Capitolato). Il risarcimento danni sarà ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

Nell'ambito dei lavori di ripristino delle aree di cantiere è onere dell'Appaltatore procedere alla predisposizione di rete di raccolta delle acque meteoriche in accordo alle pendenze della pavimentazione previste nella sistemazione definitiva.

I lavori di ripristino del suolo pubblico manomesso saranno eseguiti dall'Appaltatore osservando le "Norme per l'esecuzione delle manomissioni e dei ripristini sui sedimi stradali della Città da parte dei grandi utenti del suolo" e la "Regolamentazione dei lavori di ripristino conseguenti a manomissioni di aree verdi e alberate" della Città di Torino. I lavori di manomissione del suolo pubblico dovranno avvenire, ove possibile, per isole di lavoro precluse al traffico, con esclusione dei frontisti e dei mezzi di soccorso e forze pubbliche. In questi casi l'Appaltatore dovrà provvedere alla delimitazione di tali aree con la posa di opportuna recinzione e segnaletica.

All'atto della consegna delle aree e prima dell'installazione del cantiere (anche con riferimento allo spostamento dei sottoservizi) l'Appaltatore dovrà redigere il disegno dello stato di fatto e consistenza della sistemazione viabile e della segnaletica del territorio comunale interessato dalle modifiche dovute all'installazione del cantiere. Tale disegno dovrà essere sottoscritto dalle parti in segno di presa d'atto.

Successivamente l'Appaltatore dovrà proporre alla Direzione Lavori il progetto dettagliato delle aree di cantiere evidenziando gli interventi sulla viabilità esistente (segnaletica, impianti semaforici, attraversamenti pedonali). Tale progetto dovrà tendere a soluzioni che rendano minimi i disagi alla circolazione, alla cittadinanza ed alle attività commerciali. Il progetto dovrà includere necessariamente lo studio della viabilità con la redazione del relativo progetto di segnaletica. Il suddetto progetto, completo del computo metrico estimativo, sarà sottoposto, tramite la Direzione dei Lavori, all'Approvazione del Committente e quindi trasmesso al competente ufficio comunale per l'emissione della relativa ordinanza. Per le attività di progetto

inerenti le modifiche alla viabilità ordinaria è previsto in contratto apposito compenso a corpo, comprensivo di ogni attività ed elaborato fino ad ottenere l'approvazione del Comune e della Stazione Appaltante.

L'Appaltatore sulla base del progetto approvato eseguirà:

- la fornitura e la collocazione nonché la successiva rimozione di tutta la segnaletica orizzontale e verticale necessaria per la corretta installazione del cantiere, intendendosi come tale quella da collocare e da eseguire sulle carreggiate stradali ove insistono i cantieri e in corrispondenza degli accessi alle carreggiate medesime, nonché quella relativa a tutte le modifiche viabili nelle strade circostanti e quella di preavviso collocata nelle aree limitrofe;
- la rimozione della preesistente segnaletica in contrasto con quella di cui al punto precedente e la sua ricollocazione in opera al termine dei cantieri.

Le attività di cui sopra saranno remunerate a prezzi di contratto.

La segnaletica rimossa e ritenuta non riutilizzabile o perché giudicata ammalorata o perché in contrasto con le vigenti norme del Codice della Strada, verrà consegnata al magazzino del Reparto Segnaletica del Comune.

La segnaletica rimossa e ritenuta idonea al reimpiego dovrà essere presa in consegna dall'Appaltatore per il suo riutilizzo. Essa dovrà essere adeguatamente immagazzinata e conservata a cura dell'Appaltatore. Durante i lavori e prima di procedere al ripristino della segnaletica definitiva si definirà lo stato di conservazione della segnaletica a suo tempo ritenuta idonea al reimpiego, nonché il permanere della sua conformità alle vigenti norme del Codice della Strada, per verificarne la riutilizzabilità. La segnaletica giudicata non riutilizzabile sarà riconsegnata al magazzino del reparto segnaletica del Comune, quella ritenuta riutilizzabile verrà posata in opera secondo le necessità. In questi casi verrà compensata la sola posa in opera a prezzi di contratto.

Al termine dei lavori, l'Appaltatore ripristinerà tutta la segnaletica orizzontale e verticale, secondo il progetto di viabilità finale da sottoporre all'approvazione del Committente.

Sino alla riconsegna alla Città delle aree interessate dai lavori, la manutenzione di tutta la segnaletica di cui sopra sarà onere dell'Appaltatore, con esonero del Committente da ogni responsabilità a riguardo. L'ordinaria manutenzione rientra negli oneri a carico dell'Appaltatore. Resta inteso che se un cartello dovesse essere demolito accidentalmente per cause comprovate non imputabili all'Appaltatore la sostituzione verrà remunerata con l'applicazione dei prezzi di contratto (per quanto concerne la segnaletica si veda anche quanto riportato nella sez.16 del Capitolato Speciale).

Con riferimento all'abbattimento ed alla rimozione degli alberi l'Appaltatore dovrà provvedere alla pulizia dell'area ed al recupero del legname da opera da rendere al magazzino comunale. Qualora il legname prodotto dall'abbattimento delle piante di cui sopra non venga reso al magazzino comunale, alla Città dovrà essere corrisposto il relativo valore.

3 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

3.1 Ambiti di intervento

Le opere inserite nell'Appalto del Lotto generale della Linea 2 della metropolitana di Torino, oggetto della presente sezione di Capitolato, sono le seguenti:

- Canalizzazioni idrauliche (fognature);
- Predisposizioni per le linee elettriche e telefoniche mediante cavidotti.
- Disfacimento pavimentazione e ripristini stradali per posa di tubazioni di gas e acquedotto.

L'Appaltatore dovrà eseguire i lavori sopra elencati dandoli compiuti a perfetta regola d'arte, compresi di demolizioni stradali, scavi, realizzazione delle opere, ripristini stradali, ecc.

3.1.1 Canalizzazioni idrauliche

Sono comprese in questo ambito tutte le fognature pubbliche e private ed i relativi manufatti interferenti con le opere di costruzione della metropolitana.

Nell'ambito della realizzazione delle deviazioni delle reti di raccolta delle acque bianche e nere/miste interferenti con i lavori di costruzione della galleria di linea si dovrà prevedere il ripristino degli allacci alle nuove condotte degli scarichi dei fabbricati, reflui e meteorici, nonché della rete di drenaggio delle acque meteoriche delle aree viabili.

3.1.2 Predisposizioni per le linee elettriche e telefoniche mediante cavidotti

Sono comprese in questo ambito tutte le opere civili finalizzate allo spostamento delle linee elettriche e telefoniche interferenti con le opere di costruzione della metropolitana. Tali opere consistono nella predisposizione di cavidotti interrati con annessi pozzetti o tubi passacavi provvisoriamente staffati alla parete degli edifici.

I cavidotti devono essere realizzati con le dimensioni, numero di fori e caratteristiche richiesti dagli Enti gestori e riportati negli elaborati grafici. Gli Enti provvederanno, in un secondo tempo, alla stesura dei nuovi cavi.

In generale i cavidotti dovranno mantenere la stessa profondità di posa adottate per le tratte esistenti a cui si collegano e comunque dovranno essere posate ad una profondità tale da garantire un ricoprimento di almeno 90 cm.

3.1.3 Disfacimento pavimentazione e ripristini stradali per posa di tubazioni di gas e acquedotto.

Sono compresi in questo ambito il taglio della pavimentazione bituminosa ed il suo disfacimento o la rimozione di altro tipo di pavimentazione, eseguiti al fine di consentire lo scavo e la posa delle tubazioni da parte degli Enti gestori della rete gas e acquedotto secondo i tracciati indicati negli elaborati di progetto.

3.2 Gestione dell'area di cantiere, operatività delle altre Imprese per la realizzazione dei lavori non compresi nel presente Appalto

Nelle aree di cantiere oggetto del presente appalto saranno presenti altri sottoservizi interrati che sono a loro volta oggetto di spostamento da parte di Imprese operanti su incarico degli Enti gestori.

In particolare, sono state rilevate condotte idriche gestite dalla Società Metropolitana Acque Torino (SMAT), condotte per il teleriscaldamento gestite da IREN. Inoltre, si prevede che Imprese diverse, su incarico della Telecom, di Windtre, di Fastweb, delle SMAT, dell'Azienda Enel Distribuzione e di altri erogatori di servizi, intervengono per stendere i cablaggi all'interno dei cavidotti predisposti dall'Appaltatore del presente appalto.

Da quanto sopra esposto si evince che diverse Imprese dovranno operare, in tempi diversi, sull'area di cantiere.

L'Appaltatore è quindi tenuto a coordinare e programmare, mediante la stesura di un documento preventivo sottoscritto da tutti gli interessati da sottoporre alla Direzione Lavori ed al Coordinatore per la sicurezza, gli interventi delle altre imprese al fine di non generare ritardi sul programma di lavoro previsto per la realizzazione della linea metropolitana. L'onere di tale attività di coordinamento è compreso nei prezzi delle lavorazioni compensate con i prezzi contrattuali.

L'Appaltatore sarà ritenuto responsabile sia nel caso tali ritardi si manifestino per sua inadempienza, sia nel caso in cui le altre Imprese chiedano il risarcimento di danni causati dalla inattuabilità dei loro interventi (esempio ritardata o non corretta esecuzione dei cavidotti).

Sono a carico dell'Appaltatore le assistenze murarie dedicate a Enti Terzi che saranno compensate a misura, così come le assistenze per esigenze particolari di Enti Terzi che saranno rimborsate per ogni intervento.

4 MODALITA' DI ESECUZIONE

4.1 Bonifica da ordigni bellici

Si veda la sezione relativa alla bonifica da ordigni bellici n.1 del presente Capitolato.

Preliminarmente alle operazioni di scavo, l'Appaltatore dovrà eseguire la bonifica da ordigni bellici nelle modalità indicate nel Progetto Definitivo e sulla base delle eventuali indicazioni fornite dalla Direzione Lavori e dal Coordinatore della Sicurezza in fase di Esecuzione. La bonifica riguarderà le reti fognarie posate in trincea. Per i nuovi tratti di reti fognarie da realizzare in galleria, la bonifica da ordigni bellici sarà limitata ai pozzetti di ispezione al fine di minimizzare i disturbi del terreno interessato dallo scavo a foro cieco. È onere dell'Appaltatore procedere con cautela negli scavi delle gallerie, prestando particolare attenzione all'eventuale rinvenimento di oggetti metallici estranei. Qualora venissero ritrovati tali oggetti, sarà necessario sospendere immediatamente lo scavo ed informare la Direzione lavori ed il CSE.

4.2 Tracciamenti

Si veda la sezione relativa ai Tracciamenti n.2 del presente Capitolato.

Eseguito il tracciamento l'Appaltatore dovrà accertarsi, con un numero sufficiente di opportuni scavi di assaggio, che l'esecuzione dei manufatti, possa effettuarsi senza bisogno di modificare il tracciato. Solo la Direzione Lavori giudicherà sulla opportunità di tali modifiche.

In tal caso l'Appaltatore sarà tenuto ad eseguire sia i nuovi assaggi sia il nuovo tracciato. Tale valutazione dovrà essere effettuata con speciale riferimento alle altre reti infrastrutturali già realizzate o da realizzare nell'ambito del presente progetto.

Restano a carico dell'Appaltatore tutte le attività derivanti dalla sistemazione di interferenze o altri problemi non segnalati in questa fase alla Direzione Lavori e che siano imputabili, ad insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori a negligenza nello svolgimento della fase di verifica preliminare sopra descritta. L'Appaltatore sarà tenuto a rifare e correggere, a sue spese, quelle opere che la Direzione dei Lavori non accettasse in conseguenza di sbagli o di variazioni arbitrarie nel tracciato sia planimetrico che altimetrico.

4.3 Demolizioni

Si veda la sezione relativa alle Demolizioni n. 4 del presente Capitolato.

4.4 Scavi

Si veda anche la sezione relativa ai movimenti terra n.5 del presente Capitolato.

Nello specifico si evidenziano le prescrizioni da adottarsi per gli scavi inerenti le interferenze con i sottoservizi e le deviazioni delle fognature.

Gli scavi saranno eseguiti secondo le sagome geometriche prescritte dalla Direzione dei Lavori e, qualora le sezioni assegnate vengano maggiorate, l'Appaltatore non avrà diritto ad alcun compenso per i maggiori volumi di scavo, ma anzi sarà tenuto a eseguire, a proprie cure e spese, tutte quelle maggiori opere che si rendessero per conseguenza necessarie.

Gli scavi potranno, ove ragioni speciali non lo vietino, essere eseguiti a scarpa; in questo caso non verrà compensato il maggior scavo eseguito.

Qualora invece l'Appaltatore, anche se a tutto suo rischio, esegua scavi con sezioni inferiori a quelle assegnate, o con maggior magistero, la Direzione dei Lavori si riserva di liquidare i lavori secondo le effettive dimensioni e modalità di esecuzione.

In particolare, per gli scavi destinati a posa di tubazione, a una profondità maggiore di m 1,50, sarà utilizzata una sezione di scavo rettangolare corrispondente alla sagoma dei casseri di sostegno dello scavo, muniti di appositi distanziatori.

La realizzazione delle condotte sotterranee di fognatura avverrà normalmente seguendo il profilo idraulico da valle a monte.

4.4.1 Scavi in trincea

Nell'esecuzione degli scavi in trincea, l'Appaltatore, senza che ciò possa costituire diritto a speciale compenso, dovrà uniformarsi, riguardo alla lunghezza delle tratte da scavare, alle prescrizioni che fossero impartite dalla Direzione dei Lavori.

Pure, senza speciale compenso, bensì con semplice corresponsione dei prezzi o delle maggiorazioni che il Prezziario della regione Piemonte (2022) stabilisca in funzione delle varie profondità, l'Appaltatore dovrà spingere gli scavi, occorrenti alla fondazione dei manufatti, fino a terreno stabile.

a) Scavi in Prossimità di edifici

Qualora i lavori si sviluppino lungo strade affiancate da edifici, gli scavi dovranno essere preceduti da attento esame delle loro fondazioni, eventualmente integrate da prove dirette, teso ad accertarne natura, consistenza e profondità, quando si possa presumere che lo scavo della trincea risulti pericoloso per la stabilità dei fabbricati.

Verificandosi tale situazione, l'Appaltatore dovrà ulteriormente procedere, a sue cure e spese, a eseguire i calcoli di verifica della stabilità nelle peggiori condizioni che si possano determinare durante i lavori e a progettare le eventuali opere di presidio, provvisorie o permanenti, che risulti opportuno realizzare. Oltre a ciò, rimangono a carico dell'appaltatore gli oneri per la redazione degli stati di consistenza dei fabbricati prima dell'inizio dell'attività di scavo.

Le prestazioni relative all'esecuzione delle opere di presidio alle quali, restando ferma ed esclusiva la responsabilità dell'Appaltatore, si sia dato corso secondo modalità consentite dalla Direzione dei Lavori, faranno carico alla Stazione Appaltante e verranno remunerate ai prezzi d'elenco.

Qualora lungo le strade sulle quali si dovranno realizzare le opere qualche fabbricato presenti lesioni o, in rapporto al suo stato, induca a prevederne la formazione in seguito ai lavori, sarà obbligo dell'Appaltatore redigerne lo stato di consistenza in contraddittorio con le Proprietà interessate, corredandolo di una adeguata documentazione fotografica e installando, all'occorrenza, idonee spie.

b) Interferenze con i servizi Pubblici

Gli oneri per la ricerca, la protezione, la sospensione, tramite funi e travi, dei servizi pubblici sotterranei (condutture per acqua e gas, cavi elettrici, telefonici e simili nonché manufatti in genere), saranno a carico dell'Appaltatore, come le pratiche presso le Amministrazioni per le opere di presidio occorrenti, gli avvisi a dette Amministrazioni di qualunque guasto avvenuto alle rispettive pertinenze, nonché gli oneri e le spese conseguenti alle riparazioni.

Tutti gli oneri che l'Appaltatore dovrà sostenere per le maggiori difficoltà derivanti ai lavori a causa dei servizi stessi si intendono già remunerati dai prezzi stabiliti dall'Elenco per l'esecuzione degli scavi, compresi eventuali disfacimenti e risistemazioni di protezioni quali coppelle, sabbia o c.i.s. di ricoprimento, nastri segnalatori, ecc.

c) Scavi di sbancamento.

Per scavi di sbancamento o tagli a sezione aperta si intendono quelli praticati al di sopra del piano orizzontale, passante per il punto più depresso del terreno naturale o per il punto più depresso delle trincee o splanteamenti, precedentemente eseguiti e aperti almeno da un lato.

Quando l'intero scavo debba risultare aperto su di un lato (caso di un canale fugatore) e non venga ordinato lo scavo a tratti, il punto più depresso è quello terminale.

d) Scavi di fondazione.

Per scavi di fondazione in generale si intendono quelli ricadenti al disotto del piano orizzontale di cui al precedente punto " c ", chiusi fra le pareti verticali riproducenti il perimetro delle fondazioni delle opere d'arte.

Qualunque sia la natura e la qualità del terreno, gli scavi per fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità indicate nei disegni esecutivi.

È vietato all'Appaltatore, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature prima che la Direzione dei Lavori abbia verificato e accettato i piani delle fondazioni.

I piani di fondazione dovranno essere generalmente orizzontali, ma per quelle opere che cadono sopra a falde inclinate potranno, a richiesta della Direzione dei Lavori, essere disposti a gradini e anche con determinate contro pendenze.

Le armature occorrenti per gli scavi di fondazione debbono essere eseguite a regola d'arte e assicurate in modo da impedire qualsiasi deformazione dello scavo e lo smottamento delle materie, e restano a totale carico dell'Appaltatore dei lavori, essendo compensate con il prezzo di elenco per lo scavo.

Gli scavi di fondazione dovranno di norma essere eseguiti a pareti verticali e l'Appaltatore dei lavori dovrà, occorrendo, sostenerle con conveniente armatura e sbadacchiature, restando a suo carico ogni danno alle cose e alle persone che potesse verificarsi per smottamenti o franamenti dei cavi. Potranno però, ove ragioni speciali non lo vietino, essere eseguiti con pareti a scarpata. In questo caso non sarà compensato il maggiore scavo eseguito, oltre quello strettamente occorrente per la fondazione dell'opera, e l'Appaltatore dovrà provvedere a sue cure e spese al successivo riempimento del vuoto rimasto, interno alle murature di fondazione dell'opera, con materiale adatto, e al necessario costipamento di quest'ultimo.

Analogamente dovrà provvedere l'Appaltatore, senza ulteriore compenso, a riempire i vuoti che restassero attorno alle murature stesse, pure essendosi eseguiti scavi a pareti verticali, in conseguenza dell'esecuzione delle murature con riseghe in fondazione.

Per aumentare la superficie di appoggio la Direzione dei Lavori potrà ordinare, per il tratto terminale di fondazione per una altezza sino ad un metro, che lo scavo sia allargato mediante scampanatura, restando fermo quanto sopra detto circa l'obbligo dell'Appaltatore, ove occorra di armare convenientemente, durante i lavori, la parete verticale sovrastante.

Qualora gli scavi si debbano eseguire in presenza di acqua e questa si elevi negli scavi, non oltre il limite massimo di cm 20 previsto nel titolo seguente, l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, all'esaurimento dell'acqua coi mezzi che saranno ritenuti più opportuni.

L'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura, spesa e iniziativa, alle suddette assicurazioni, armature, puntellature e sbadacchiature, nelle quantità e robustezza che per la qualità delle materie da scavare siano richieste, adottando anche tutte le altre precauzioni che fossero ulteriormente riconosciute necessarie, senza rifiutarsi per nessun pretesto di ottemperare alle prescrizioni che al riguardo, e per garantire la sicurezza delle cose e delle persone, gli venissero impartite dalla Direzione dei Lavori.

Il legname (o altro materiale) impiegato a tale scopo, sempre che non si tratti di armature formanti parte integrante dell'opera, da restare quindi in posto di proprietà della Stazione Appaltante, resterà di proprietà dell'Appaltatore dei lavori, che potrà perciò recuperarlo a opera compiuta. Nessun compenso spetta all'Appaltatore dei lavori se, per qualsiasi ragione, tale ricupero possa risultare soltanto parziale, o anche totalmente negativo.

Gli scavi di fondazione che si devono eseguire a profondità maggiore di cm 20 (centimetri venti) sotto il livello costante a cui si stabiliscono le acque eventualmente esistenti nel terreno, sono considerati come scavi subacquei per tutto il volume ricadente al disotto del piano di livello situato alle accennate profondità d'acqua di cm 20.

Quindi il volume ricadente nella zona dei 20cm suddetti verrà considerato, e perciò pagato, come gli scavi di fondazione in presenza di acqua, precedentemente indicati, ma non come scavo subacqueo.

4.4.2 Scavi per la posa dei tubi e successivo riempimento dei cavi

I cavi entro i quali si poseranno le tubazioni dovranno avere il fondo regolarmente spianato affinché i tubi gli si appoggino in tutta la loro lunghezza.

I cavi dovranno avere la profondità precisa stabilita nei rispettivi profili o quella che verrà fissata all'atto esecutivo dalla Direzione Lavori, comunque, non inferiore a 90 cm misurati sulla generatrice superiore della tubazione. Ove il profilo altimetrico non consenta il ricoprimento minimo previsto, saranno valutate idonee soluzioni tecniche per la protezione del tubo, approvate dalla Direzione Lavori

Nei punti ove cadono i giunti dei tubi si faranno delle nicchie sufficienti per potere eseguire regolarmente tutte le operazioni relative alla posa dei tubi e alla esecuzione dei giunti.

Nella riempitura dei cavi dovranno usarsi tutte le cautele per non danneggiare i tubi. In ogni caso il riempimento degli scavi dovrà essere eseguito a cordoli dell'altezza non maggiore di cm 25 pigiati regolarmente strato per strato in modo da ottenere un completo assodamento delle materie.

Gli scavi dovranno essere tenuti aperti il minor tempo possibile in modo da dare il minor disturbo ai privati e non interrompere il transito dei veicoli sulle strade provinciali.

L'Appaltatore dovrà provvedere ai necessari puntellamenti, ripari o sbatacchi e ai passaggi provvisori con tavole o altro per assicurare la libera circolazione dei pedoni e l'accesso alle case fronteggianti.

Per gli scavi non è ammesso l'uso delle mine e di tale onere è stato tenuto debito conto nei prezzi di elenco i quali tutti comprendono tale eventualità e nessun compenso spetta all'Appaltatore all'infuori dei detti prezzi.

In ogni modo l'Appaltatore prima di procedere agli scavi per la condotta dovrà accertarsi dello stato delle fondazioni delle case latitanti sospendendo ogni lavorazione quando dette fondazioni non siano in buone condizioni e si possano temere danni in occasione dell'esecuzione dei detti scavi. In tali casi l'Appaltatore ne informerà immediatamente la Direzione dei Lavori per stabilire i provvedimenti del caso e frattanto l'Appaltatore stesso dovrà provvedere d'urgenza ai puntellamenti e a quant'altro necessario per evitare danni.

Per gli oneri derivanti dall'osservanza delle precedenti prescrizioni l'Appaltatore non avrà diritto a compensi. I prezzi degli scavi per le condotte resteranno invariati anche se si dovesse modificare in tutto o in parte il tracciato delle condotte stesse.

In tali prezzi sono compresi lo spianamento del fondo, la formazione delle nicchie e buche in corrispondenza dei giunti, l'eventuale taglio degli alberi e arbusti, lo sgombero delle materie che eventualmente franassero nei cavi prima del collocamento dei tubi, gli eventuali esaurimenti di acqua comunque provenienti e comunque eseguiti sia durante l'esecuzione dei cavi che durante la posa in atto delle tubazioni, il trasporto a rifiuto delle materie di scavo eccedenti al riempimento e in genere quanto potrà occorrere per il lavoro regolarmente eseguito.

È vietato all'Appaltatore sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature e alla posa dei tubi prima che la Direzione dei Lavori, abbia verificato e accertato i piani di fondazione.

4.4.3 Scavi in sotterraneo

Prima di dare inizio agli scavi in sotterraneo deve essere assicurato l'intestatura degli attacchi, di norma con fronte in muratura.

Gli scavi in sotterraneo devono essere condotti con tutte le specifiche precauzioni atte a garantire la sicurezza e l'igiene del lavoro; in particolare devono essere adottati tutti i provvedimenti atti a segnalare, prevenire ed eliminare i pericoli di frane, crolli, allagamenti, venute d'acqua e di gas.

L'Appaltatore è inoltre tenuto ad attuare i provvedimenti necessari affinché le opere sottopassate o comunque interessate dagli scavi non abbiano a subire danneggiamenti.

Per gli scavi in sotterraneo, si definisce contorno "A" il contorno della sezione teorica (di scavo) definitiva; tale sezione comprende anche il vano del condotto di drenaggio.

Salvo diversa indicazione, le sezioni di scavo in sotterraneo sono sempre rappresentate secondo il loro contorno teorico (contorno "A").

In presenza di rivestimenti e prerivestimenti, detto contorno coincide con l'estradosso teorico dei rivestimenti e prerivestimenti prescritti tra i quali si intendono compresi i getti proiettati aventi funzione di rivestimento definitivo.

Gli scavi devono essere eseguiti e regolarizzati in modo da osservare il più esattamente possibile il suddetto contorno "A", tenuto conto degli spazi occupati dalle armature dello scavo e delle tolleranze di rientro per esse ammesse; all'interno del contorno "A" non sono comunque ammesse rientranze per il terreno, neppure in forma di punte isolate.

Quando necessario devono essere eseguiti al fronte di scavo i sondaggi esplorativi per l'accertamento delle caratteristiche del terreno, delle venute d'acqua e degli altri elementi che possono avere rilievo per l'avanzamento.

Le operazioni di scavo, se del caso, devono essere eseguite anche in alternanza con i getti di rivestimento.

Quando nell'esecuzione degli scavi in sotterraneo sia ritenuta possibile la presenza dei gas nocivi o pericolosi, l'Appaltatore deve di sua iniziativa porre immediatamente in atto ogni provvedimento idoneo a garantire la sicurezza e la prosecuzione dei lavori.

Tutti gli scavi in galleria dovranno essere sostenuti da apposite armature di legname o metalliche da eseguirsi secondo le migliori regole d'arte, e di sufficiente robustezza per resistere efficacemente in ogni evento alle pressioni cui saranno sottoposte per effetto delle spinte del terreno o per altre cause.

Salvo diversa autorizzazione della Direzione Lavori, la lunghezza massima di ciascuno sfondo, inteso quale massima lunghezza del tratto non armato in galleria, dovrà essere pari ad 1 metro.

La distanza fra i ritti d'armatura varierà per ciascun tratto in base alla natura del terreno da scavare e si rivestirà la superficie di scavo con opportuni tavoloni e quanto altro possa occorrere. In genere i ritti dell'armatura (gambe), saranno di larice, acacia o abete; le tavole saranno invece di pioppo, date le caratteristiche di elasticità di questo legname.

Nel togliere i legnami dell'armatura, a mano a mano che progredisce il rivestimento, saranno usate tutte le precauzioni che la pratica prevede per impedire scoscendimenti.

Se per causa di tali scoscendimenti avvenissero abbassamenti nel suolo stradale, la pavimentazione dovrà essere ristabilita dall'Appaltatore che sarà ritenuto responsabile anche di tutti i danni che detti cedimenti direttamente o indirettamente abbiano provocato ai veicoli transitanti sulle strade o ai fabbricati vicini.

Si dovrà porre particolare attenzione perché non si producano cavità tra le tavole e il terreno, o fornelli; verificandosi però questa eventualità se ne dovrà dare immediato avviso alla Direzione Lavori.

Le tavole del cielo delle gallerie e le parti inferiori dei ritti dovranno essere sempre totalmente abbandonate.

Tutte le altre parti delle armature, cioè tavole di blindaggio, parti superiori dei ritti, soglie, eccetera, potranno invece essere normalmente recuperate.

Per la parte dei suddetti legnami che deve essere abbandonata non si darà alcun compenso, essendosene tenuto conto nello stabilire i prezzi degli scavi.

Tutte le parti interne delle gallerie e dei canali sia durante lo scavo che in qualunque stadio delle opere, saranno costantemente ben ventilate mediante appositi ventilatori, quando occorrano, in modo da mantenere sempre comoda e libera la respirazione degli operai.

Il cantiere dovrà essere provvisto di un adeguato numero di maschere antigas, sempre tenute in efficienza col ricambio delle cariche reagenti, per ispezione della rete di fognatura di esercizio o per la necessità di premunire gli operai in caso di accertata o sospetta presenza di gas nelle gallerie o nei canali.

Per l'esecuzione di lavori in galleria dovrà mantenersi una conveniente illuminazione, il tutto ad esclusivo carico dell'Imprenditore, dovranno esservi sempre a disposizione delle lampade di emergenza.

Per lo scavo di gallerie e/o cunicoli a foro cieco in connessione o prossimità di condotte fognarie o idrauliche preesistenti si dovranno inoltre adottare le seguenti specifiche:

- scavo di avanzamento con mezzi meccanici a moderato impatto (benna o testa fresante, mai martellone) oppure a mano;
- sostegno immediato degli sfondi con profondità mai superiore al metro, blindaggio della parete di scavo e della calotta con tavole, armature metalliche e/o marciavanti con garanzia della effettuazione di opportuno guernissaggio con fasciame e quanto altro materiale idoneo ad evitare il rilassamento del materiale scavato in adiacenza dei condotti attivi.

4.4.4 Materiali di risulta

Senza che ciò dia diritto a pretendere delle maggiorazioni sui prezzi d'Elenco, i materiali scavati che, a giudizio della Direzione dei Lavori, possano essere riutilizzati, e in modo particolare quelli costituenti le massicciate stradali, le cotiche erbose e il terreno di coltivo, dovranno essere depositati in cumuli distinti in base alla loro natura, se nel caso, eseguendo gli scavi a strati successivi, in modo da poter asportare tutti i materiali d'interesse prima di approfondire le trincee.

Di norma, il deposito sarà effettuato a lato di queste ultime a distanza adeguata al ciglio di scavo, in modo, tuttavia, da non ostacolare o rendere pericolosi il traffico e l'attività delle maestranze, adottando inoltre gli accorgimenti atti a impedire l'allagamento degli scavi da parte delle acque superficiali, gli scoscendimenti dei materiali e ogni altro eventuale danno, che, comunque, nel caso avesse a verificarsi, dovrà essere riparato a tutte cure e spese dell'Appaltatore.

Quando il deposito a lato delle trincee non fosse richiesto o, per qualsiasi motivo, possibile, il materiale di risulta dovrà, di norma, essere caricato sui mezzi di trasporto direttamente dalle macchine o dagli operai addetti allo scavo e sarà quindi avviato a deposito provvisorio.

Solo qualora, per qualsiasi motivo, non sia possibile né il deposito a lato degli scavi, né l'immediato reimpiego, sarà ammesso il provvisorio accumulo dei materiali da impiegarsi nei rinterri, nelle località che saranno prescritte, o comunque accettate, dalla Direzione dei Lavori. In tutti i casi, i materiali eccedenti e quelli che, ai sensi delle successive prescrizioni, non siano impiegabili nei rinterri, dovranno essere direttamente caricati sui mezzi di trasporto all'atto dello scavo e avviati a scarica senza deposito intermedio.

4.4.5 Norme antinfortunistiche

L'Appaltatore dovrà assumere tutte le iniziative per assicurare il rispetto delle norme vigenti e del contenuto del Piano di Sicurezza e coordinamento di progetto.

4.4.6 Norme generali per l'esecuzione dei lavori

Eseguiti gli scavi, l'Appaltatore dovrà collocare i necessari capisaldi definitivi per le livellette, i quali saranno verificati e riconosciuti dalla Direzione dei Lavori stessa.

Procederà in seguito alla regolarizzazione e battitura del fosso che dovrà sostenere il manufatto in modo da renderlo perfettamente conforme alla sagoma stabilita e uniformemente resistente.

Le bocche d'immissione, per il servizio pubblico e privato saranno costruite a misura del progredire dei lavori, con le modalità e nei luoghi che saranno stabiliti dalla Direzione dei lavori.

L'Appaltatore dovrà, sotto la sua completa responsabilità, prendere tutte le precauzioni che saranno necessarie per assicurare l'incolumità del personale addetto ai lavori, nonché ai passanti e al transito in genere, ponendo costantemente le barriere e i debiti segnali, sia nei lavori in trincea, e avendo apposito personale a guardia di ogni bocca di pozzo.

I segnali di preavviso dovranno essere del tipo regolamentare.

Quando il lavoro debba essere eseguito anche nella stagione invernale, si provvederà pure a un conveniente ricovero ben riscaldato per la manipolazione delle malte e dei conglomerati, nonché per il ricovero del personale di guardia e di servizio.

Sempre durante la stagione invernale, le murature di qualsiasi natura e in modo speciale le gettate in conglomerato cementizio armato o no, dovranno venire accuratamente ricoperte con sacchi di tela, paglia e soprastante tavolame in modo da eliminare assolutamente il pericolo del congelamento delle malte e dei getti, e in occasione di nevicate, l'Appaltatrice dovrà a sue spese togliere la neve dai cumuli di materiali, accumularla e trasportarla in luogo a cui possono avere accesso i mezzi per lo sgombrò.

I materiali per la costruzione delle opere murarie dovranno essere trasportati a piè d'opera a mano a mano che occorrono e non sarà concesso accumulare grandi quantità non occorrenti all'impiego immediato che nei casi speciali che la Direzione dei Lavori riterrà opportuno.

Tutti i materiali dovranno essere trasportati a piè d'opera perfettamente lavati e privi di materie estranee.

I lavori dovranno essere eseguiti in ogni dettaglio a perfetta regola d'arte, in conformità ai disegni di progetto e agli ordini ricevuti dalla Direzione dei Lavori.

La Direzione dei Lavori avrà sempre diritto a far eseguire sondaggi nelle opere in corso e ultimate e di ordinare la demolizione di quelle parti che fossero trovate difettose.

Tutti i sondaggi quanto le eventuali demolizioni e rifacimenti suddetti saranno a totale carico dell'Appaltatore.

4.5 Predisposizioni per garantire la continuità del servizio delle fognature

L'Appaltatore sarà tenuto, per l'esecuzione delle opere fognarie, a predisporre a sua cura e spese tutto quanto necessita per eseguire le opere finite a regola d'arte, garantendo anche la continuità del servizio di fognatura agli utenti allacciati.

Nel caso di interventi su un tratto di fognatura esistente, sarà onere dell'Appaltatore eseguire le seguenti attività ed interventi a propria cura e spese, anche se non descritti nel progetto:

- individuare, anche mediante video-ispezione, tutti gli allacci al tratto di fognatura;
- individuare gli utenti degli allacci e sottoporre ad essi il programma dei lavori al fine di valutare la possibilità o meno di dismettere temporaneamente tali allacci; nel caso che la temporanea dismissione non sia possibile, l'Appaltatore realizzerà una tubazione provvisoria per intercettare e deviare tali scarichi e la porterà al più vicino recapito;
- realizzare il by – pass del tratto di condotta mediante pompe e tubazioni di capacità adeguata a mantenere in esercizio la fognatura per tutta la durata dell'intervento. Le pompe saranno sorvegliate ininterrottamente e dovranno essere predisposti adeguati ricambi di pronto intervento;
- qualora necessario per eseguire i lavori, il tratto potrà essere isolato mediante pallonatura a monte e a valle o con altro mezzo (tura provvisoria, diaframma in mattoni, etc.).

Quanto sopra descritto si applica anche, eventualmente, per i lavori di allaccio dei nuovi tratti di fognatura alla fognatura esistente che dovrà essere mantenuta in esercizio durante i lavori per l'allacciamento.

4.6 Drenaggi e opere di aggettamento

Le canalizzazioni e i manufatti saranno costruiti mantenendo il piano di fondazione costantemente all'asciutto. Perciò, in caso di necessità, si collocherà sotto il piano di fondazione una canaletta o un tubo di drenaggio o una platea formata da file staccate di conci di calcestruzzo, così da ottenere, con l'impiego di pompe o naturalmente, l'abbassamento della falda freatica sotto il piano di fondazione. Sopra i tubi di drenaggio si stenderà uno strato di ghiaia dopo di che si comincerà la gettata di fondazione.

Gli scavi dovranno, di norma, essere eseguiti da valle verso monte per consentire lo smaltimento delle acque a deflusso naturale. Quando questo sia possibile, l'Appaltatore non avrà diritto di alcun particolare compenso per aggettamenti.

Nel caso si dovesse provvedere all'aggettamento degli scavi o all'abbassamento artificiale della falda con pozzi drenanti, l'Appaltatore dovrà mettere a disposizione i mezzi d'opera occorrenti.

La Direzione dei Lavori potrà prescrivere il numero delle pompe, le caratteristiche dimensionali, le località di impianto, l'inizio e la cessazione del funzionamento. Qualora tuttavia l'Appaltatore non assuma i provvedimenti atti a evitare il recapito di acque superficiali entro gli scavi, l'aggettamento sarà a totale suo carico.

Per le opere di cui trattasi, sono a carico dell'Appaltatore le impalcature di sostegno e le opere di riparo dei meccanismi, le prestazioni e i materiali occorrenti all'impianto, esercizio, smontaggio da un punto all'altro dei lavori dei meccanismi stessi, nonché le linee di adduzione di energia elettrica e le relative cabine. Si intendono pure già remunerati con i compensi stabiliti dall'elenco per i noli delle pompe: il noleggio, la posa e lo sgombero dei tubi d'aspirazione e di quelli necessari all'allontanamento dell'acqua aspirata dalle pompe fino allo scarico.

Tali compensi saranno commisurati alle ore di effettivo lavoro, con deduzione delle interruzioni, qualunque ne sia la causa; essi si intendono invariabili, anche per prestazioni in ore notturne e festive.

L'Appaltatore è obbligato ad adoperare motori e pompe di buon rendimento, nonché ad assumere tutti i provvedimenti atti a mantenerlo tale per tutta la durata dell'impiego.

Dovendo scaricare nella fognatura stradale le acque di aggettamento, si dovranno adottare gli accorgimenti atti a evitare interrimenti od ostruzioni dei condotti.

In ogni caso, a immissione ultimata, l'Appaltatore dovrà tempestivamente provvedere, a sue cure e spese, alla pulizia dei condotti utilizzati.

Nel caso in cui fosse necessario un funzionamento continuo degli impianti di aggettamento, l'Appaltatore, a richiesta della Direzione dei Lavori e senza alcun particolare compenso oltre quello stabilito dai prezzi contrattuali, dovrà procedere all'esecuzione delle opere con due turni giornalieri e con squadre rafforzate, allo scopo di abbreviare al massimo i tempi di funzionamento degli impianti.

L'Appaltatore sarà inoltre ritenuto responsabile di ogni eventuale danno e maggiore spesa conseguenti all'arresto degli impianti di aggettamento, nonché del rallentamento dei lavori per detto motivo.

4.7 Reinterri

Si veda anche la sezione relativa ai movimenti terra n.5 del presente Capitolato.

Il rinterro degli scavi dovrà essere eseguito in modo che:

- per natura del materiale e modalità di costipamento, non abbiano a formarsi, in prosieguo di tempo, cedimenti o assestamenti irregolari;
- i condotti e i manufatti non siano assoggettati a spinte trasversali o di galleggiamento e, in particolare, quando i primi siano realizzati mediante elementi prefabbricati, non vengano provocati spostamenti;
- si formi una intima unione tra il terreno naturale e il materiale di riempimento, così che, in virtù dell'attrito con le pareti dello scavo, ne consegua un alleggerimento del carico sui condotti.

Per conseguenza, malgrado ai rinterri si debba, di norma, provvedere utilizzando i materiali di risulta degli scavi, non potranno in alcun caso essere impiegati materiali, quali scorie o terreni gessosi, che possano aggredire chimicamente le opere, né voluminosi, quali terreni gelati o erbosi, o di natura organica, quali legno e simili, che possano successivamente provocare sprofondamenti.

Quando il materiale di risulta non possiede le necessarie caratteristiche, dovrà essere allontanato e qualora la Stazione Appaltante non intenda provvedere direttamente la Direzione dei Lavori potrà prescrivere all'Appaltatore la fornitura di terreno idoneo, che verrà compensata, come l'allontanamento, con gli appositi prezzi contrattuali.

Il corrispettivo per il rinterro con i materiali di risulta degli scavi comprende invece la eliminazione dei corpi estranei voluminosi, quali trovanti di roccia, massi, grosse pietre, ciottoli e simili, che potrebbero lesionare i manufatti durante i rinterri o, a costipamento avvenuto, determinare la concentrazione di carichi sui condotti.

Nell'eseguire i rinterri, si dovrà distinguere tra il rinalzo della tubazione, il riempimento della fossa e la sistemazione dello strato superficiale.

Il rinalzo, nel caso di condotta di acquedotto, si estende dal fondo della fossa fino a un'altezza di 10 cm sopra il vertice del tubo; esso deve essere realizzato con sabbia priva di ogni materiale estraneo, ciottoli compresi, suscettibile di costipamento in strati di altezza non superiore a 30cm.

La compattazione dovrà essere eseguita a mano, con apparecchi leggeri, contemporaneamente da ambo i lati della tubazione, al fine di evitare il determinarsi di spinte trasversali o di galleggiamento e, in particolare, lo spostamento dei condotti, quando questi siano realizzati con elementi prefabbricati.

Il rinalzo, nel caso di condotta di fognatura, si estende dal fondo della fossa fino all'altezza, sopra il vertice del tubo, specificata nelle sezioni di progetto; esso deve essere realizzato secondo le specifiche indicate nelle sezioni di progetto.

Subito dopo il rinalzo della canalizzazione, seguirà il riempimento della fossa, da effettuarsi stendendo il materiale in successivi strati, di spessore tale da assicurare, con impiego di apparecchiature scelte in relazione alla natura del materiale stesso, un sufficiente costipamento, senza che la tubazione sia danneggiata.

Lo strato superficiale degli scavi dovrà essere riempito con modalità diverse, a seconda che gli scavi siano stati eseguiti in campagna o lungo strade trafficate. Si impiegheranno, all'occorrenza, i materiali idonei ricavati dalla rimozione degli strati superficiali stessi effettuata all'atto degli scavi, materiali che saranno stati depositati in cumuli o località distinte da quelle del restante terreno.

Gli scavi eseguiti saranno riempiti sino a formare una leggera colma rispetto alle preesistenti superfici, da assegnarsi in rapporto al successivo prevedibile assestamento; lo strato superiore degli scavi eseguiti lungo strade trafficate dovrà invece essere sistemato in modo idoneo a consentire un'agevole e sicura circolazione.

I prezzi contrattuali per i rinterri remunerano anche le sistemazioni superficiali sia degli scavi che delle località in cui siano stati lasciati, a provvisorio deposito, i materiali di risulta. Essi sono pure comprensivi degli oneri che l'Appaltatore dovrà sostenere per controllare costantemente le superfici dei rinterri e delle prestazioni di mano d'opera e mezzi d'opera necessarie alle riprese e alle ricariche fino al ripristino della pavimentazione, se questo sia compreso nell'appalto, o al conseguimento del collaudo.

Qualora, peraltro, la Direzione dei Lavori abbia autorizzato espressamente l'impiego, per le sistemazioni superficiali, di materiali non di risulta dagli scavi, quali inerti, catrame, asfalto, emulsioni e conglomerati bituminosi e altri materiali per pavimentazioni stradali, per la loro fornitura sarà riconosciuto a parte lo specifico compenso stabilito dai prezzi contrattuali.

La Stazione Appaltante si riserva la facoltà di provvedere direttamente alle riprese e alle ricariche nel caso di inadempienza dell'Appaltatore, al quale, in tale evenienza, verranno addebitate mediante semplice ritenuta, tutte le conseguenti spese.

L'osservanza delle prescrizioni impartite nel presente paragrafo, in ordine alle modalità di esecuzione dei rinterri e di sistemazione e manutenzione degli strati superficiali, con speciale riguardo a quelli eseguiti lungo strade trafficate, non solleva l'Appaltatore da nessuna responsabilità relativa alla sicurezza della circolazione.

4.8 Ripristino di scavi eseguiti in terreni coltivati e non, giardini, etc.

Conformemente alle prescrizioni della presente sezione del Capitolato, verrà effettuato il ripristino e costipamento del terreno sopra le condotte, fino a circa 30 cm sotto il piano definitivo della massicciata.

Nel caso di scavo eseguito in campagna in terreni coltivati o in giardini i rinterri dovranno essere effettuati in modo da ricostruire, a lavori ultimati, lo strato del terreno coltivato preesistente.

L'Appaltatore dovrà avere cura quindi di sistemare in superficie, per uno spessore all'incirca uguale a quello dello strato coltivato, il materiale migliore, tenuto separato dalla restante terra inerte fin dall'inizio delle operazioni di scavo.

Si avrà inoltre cura di portare il rinterro a un livello superiore alla quota primitiva del terreno in modo che, ad assestamento avvenuto, la quota definitiva non sia inferiore a quella preesistente.

In difetto di osservanza di queste prescrizioni, la diminuzione permanente di valore dei beni rustici e i danni ai frutti futuri verranno addossati all'Appaltatore inadempiente.

4.9 Ripristini stradali

Si veda la sezione n° 11 relativa alle pavimentazioni stradali del presente Capitolato.

Il ripristino delle pavimentazioni stradali demolite dai lavori di fognatura dovrà essere eseguito in via provvisoria a mano a mano che i lavori stessi verranno terminati.

Il ripristino delle pavimentazioni in corrispondenza dei pozzi di servizio dovrà essere preceduto dalla demolizione delle corone circolari in calcestruzzo disposte a protezione contro l'invasione delle acque di ruscellamento durante i lavori.

In casi particolari, in vista della futura sistemazione dell'intero piano viabile, la Direzione Lavori potrà ordinare all'Appaltatore l'esecuzione del ripristino con il solo strato di tout-venant.

A opera compiuta la sagoma stradale dovrà risultare identica a quella primitiva, senza sporgenze o infossature.

Verificandosi eventuali cedimenti nel tempo, e fino a collaudo delle opere, l'Appaltatore dovrà ritornare sul posto con macchine e mano d'opera e provvedere alla ricostruzione della sagoma stradale con pietrischetto per rappezzi.

Per queste eventuali riprese e per ripristini eseguiti in via provvisoria con naturale di fiume e trattamento antipolvere, non sarà corrisposto all'Appaltatore alcun compenso, essendosi tenuto conto di tali oneri nel formulare il prezzo dei ripristini.

In difetto di pronto intervento la Stazione Appaltante farà eseguire da altre ditte i ripristini e le riprese addossandone gli oneri all'Appaltatore inadempiente.

Per quanto riguarda la pavimentazione delle strade cittadine, l'Amministrazione potrà adottare, per il relativo ripristino un tipo di pavimentazione diverso da quello esistente prima della costruzione delle opere di canalizzazione.

4.10 Posa in opera delle tubazioni in materiale plastico PVC – PEa.d.

4.10.1 Trasporto

Nel trasporto bisogna sopportare i tubi per tutta la loro lunghezza onde evitare di danneggiare le estremità a causa di vibrazioni.

Si devono evitare urti, inflessioni e sporgenze eccessive, contatti con corpi taglienti ed acuminate.

Le imbragature per il fissaggio del carico possono essere realizzate con funi o bande di canapa, di nylon o similari; se si usano cavi di acciaio, i tubi devono essere protetti nella zona di contatto con essi.

Si tenga presente che a basse temperature aumenta la possibilità di rottura dei tubi di PVC; in tali condizioni quindi tutte le operazioni di movimentazione (trasporto, accatastamento, posa in opera, etc.) devono essere effettuate con la dovuta cautela.

4.10.2 Carico e scarico

Queste operazioni, come per tutti gli altri materiali, devono essere fatte con grande cura. I tubi non devono essere buttati né fatti strisciare sulle sponde caricandoli sull'automezzo o scaricandoli dallo stesso, ma devono essere accuratamente sollevati ed appoggiati.

4.10.3 Accatastamento

I tubi lisci devono essere immagazzinati su una superficie piana, priva di parti taglienti ed esente da sostanze che potrebbero attaccare i tubi.

I tubi bicchierati, oltre alle avvertenze di cui sopra, devono essere accatastati su traversine di legno in modo che i bicchieri della fila orizzontale inferiore non subiscano deformazioni e inoltre i bicchieri stessi devono essere alternativamente sistemati (sia nelle file orizzontali, sia in quelle verticali) da una parte e dall'altra della catasta e sporgenti da essa.

In tal modo i bicchieri non subiscono sollecitazioni ed i tubi si appoggiano l'uno all'altro lungo l'intera generatrice.

I tubi non devono essere accatastati ad un'altezza superiore a 1,50 m qualunque sia il diametro dei tubi, per evitarne possibili deformazioni nel tempo.

Se i tubi non vengono adoperati per un lungo periodo, devono essere protetti dai raggi solari diretti con schermi opachi che consentano una regolare aerazione.

Raccordi ed accessori

Questi pezzi possono essere forniti in appositi imballaggi. Se sono forniti sfusi si dovrà avere cura, nel trasporto ed immagazzinamento, di non ammucciarli disordinatamente e si dovrà evitare che essi possano essere deformati o danneggiati per effetto di urti fra di loro o con altri materiali pesanti.

4.10.4 Letto di posa e rinfianco

Il fondo dello scavo e, più in generale, il terreno sul quale la tubazione è destinata a poggiare deve avere una consistenza tale da escludere cedimenti differenziali da punto a punto.

Inoltre, durante l'apertura di trincee in terreni eterogenei, occorre premunirsi da eventuali smottamenti o slittamenti mediante opportune opere di sostegno e di ancoraggio.

Se si ha motivo di ritenere che l'acqua di falda eventualmente presente nello scavo possa determinare un'instabilità del terreno di posa e dei manufatti in muratura, occorre consolidare il terreno circostante con opere di drenaggio che agiscano sotto il livello dello scavo, in modo da evitare che l'acqua di falda possa provocare spostamenti del materiale di rinterro che circonda il tubo.

Sul fondo dello scavo, livellato e liberato da ciottoli, pietrame e da eventuali altri materiali che impediscano il perfetto livellamento, si sovrappone il letto di posa, costituito da materiali incoerenti, sabbia, che formi un piano uniformemente distribuito su cui va appoggiato il tubo. Il suo spessore non sarà inferiore a $10+1D/10$ cm e non deve contenere pietruzze.

Il tubo verrà poi rinfiancato per almeno 20 cm per lato, fino al piano diametrale; quindi, verrà ricoperto con lo stesso materiale incoerente per uno spessore non inferiore a 15 cm misurato sulla generatrice superiore. Per quanto riguarda il rinfianco, in considerazione della sua importante funzione di reazione alle sollecitazioni verticali e di ripartizione dei carichi attorno al tubo, è necessario scegliere con la massima cura il materiale incoerente da impiegare, nel caso specifico sabbia, evitando quindi terre difficilmente costipabili (torbose, argillose, ecc.) ed effettuare il riempimento con azione uniforme e concorde ai due lati del tubo. Ultimata questa operazione si effettua il riempimento con materiale di risulta dallo scavo per strati successivi non superiori a 30 cm di altezza che debbono essere costipabili (torbose, argillose, ecc.) ed effettuare il riempimento con azione uniforme e concorde ai due lati del tubo. Il ricoprimento totale del tubo a partire dalla generatrice superiore non deve essere inferiore a (secondo norma UNI 7447):

- strade a traffico pesante 150 cm
- strade a traffico leggero 100 cm

Per valori di profondità inferiori, il ricoprimento deve essere eseguito con interposizione di un diaframma rigido di protezione e ripartizione dei carichi, collocato sullo strato superiore del materiale incoerente (sabbia).

Nel corso della posa in opera si raccomanda di chiudere con tamponi di legno o con qualunque altro mezzo idoneo i tronchi di tubazione già posati e che dovessero rimanere per qualche tempo aperti e non sorvegliati, onde impedirne l'intasamento.

Per stabilire se la tubazione dopo il reinterro ha subito deformazioni o si fosse ostruita durante il corso dei lavori, a causa della mancata osservanza da parte dell'installatore delle raccomandazioni sopra riportate, si può far passare tra un pozzetto e l'altro una sfera di diametro inferiore del 5% a quello interno del tubo impiegato.

Giunzioni

Esecuzione del giunto del tipo scorrevole con guarnizione elastomerica (Tubi PVC):

- provvedere una accurata pulizia delle parti da congiungere, assicurandosi che esse siano integre; se già inserita, occorrerà togliere provvisoriamente la guarnizione di tenuta;
- segnare sulla parte maschia del tubo una linea di riferimento procedendo come segue:

- si introduce il tubo nel bicchiere fino a rifiuto, segnando la posizione raggiunta;
- si ritira il tubo di 3mm per metro di elemento posato, ma mai meno di 10mm;
- si segna in modo ben visibile sul tubo la nuova posizione raggiunta, che è la linea di riferimento
- inserire la guarnizione elastomerica di tenuta nell'apposita sede
- lubrificare la superficie interna della guarnizione e la superficie esterna della punta con apposito lubrificante (acqua saponosa o lubrificante a base di silicone, ecc.).

Esecuzione del giunto per saldatura (Tubi PE a.d. a parete piena):

d1) Giunzione per saldatura

Essa deve sempre essere eseguita:

- da personale qualificato
- con apparecchiature tali da garantire che gli errori nelle temperature, nelle pressioni, nei tempi, ecc. siano ridotti al minimo. In ambiente atmosferico tranquillo (assenza di precipitazioni, di vento, di eccessiva polverosità).

d2) Saldatura testa a testa

È usata nelle giunzioni fra tubo e tubo e fra tubo e raccordo quando quest'ultimo è predisposto in tal senso. Questo tipo di saldatura deve essere realizzata con termoelementi costituiti in genere da piastre di acciaio inossidabile o di lega di alluminio rivestite con tessuto di PTFE (politetrafluoroetilene) e fibra di vetro, o con uno strato di vernice antiaderente. Tali elementi saranno riscaldati con resistenze elettriche o con gas con regolazione automatica della temperatura.

Prima di effettuare le operazioni inerenti alla saldatura, occorrerà fare in modo che tutte le generatrici del tubo siano alla medesima temperatura.

d3) Preparazione delle testate da saldare

Le testate dei manufatti devono essere preparate per la saldatura testa a testa creando la complanarità delle sezioni di tagli per mezzo di frese che possono essere manuali per i piccoli diametri ed elettriche per i diametri e gli spessori più alti; queste ultime devono avere velocità moderata per evitare il riscaldamento del materiale.

Le testate così predisposte non devono essere toccate da mani o da altri corpi untuosi; nel caso ciò avvenisse dovranno essere accuratamente sgrassate con trielina od altri solventi idonei.

d4) Esecuzione della saldatura

I due pezzi da saldare devono essere messi in posizione e bloccati con due ganasce collegate con un sistema che ne permetta l'avvicinamento e che dia una pressione controllata sulla superficie di contatto.

Il termoelemento deve essere inserito fra le testate che verranno spinte contro la sua superficie.

Il materiale passerà quindi allo stato plastico formando un leggero rigonfiamento.

Al tempo previsto il termoelemento deve essere estratto e le due testate devono essere spinte l'una contro l'altra alla pressione sottoindicata fino a che il materiale non ritorna allo stato solido.

La saldatura non deve essere rimossa se non quanto la zona saldata se sia raffreddata spontaneamente alla temperatura di circa 60°C.

Per una perfetta saldatura il PE a.d. richiede:

- temperatura superficiale del termoelemento 200 ± 10 °C;
- tempo di riscaldamento variabile in relazione allo spessore;
- pressione in fase di riscaldamento riferita alla superficie da saldare; dovrà essere tale da assicurare il continuo contatto delle testate sulla piastra (valore iniziale 0,5 kgf/cmq);
- pressione di saldatura riferita alla superficie da saldare: 1,5 kgf/cmq (una volta tolta la piastra)

d5) Giunzioni elettrosaldabili

Tali giunzioni devono essere eseguite riscaldando elettricamente il manicotto di PE a.d. nel quale è incorporata una resistenza elettrica che produce il calore necessario per portare alla fusione del polietilene. L'attrezzatura consiste principalmente in un trasformatore di corrente che riporta la tensione adatta per ogni diametro di manicotto e ne determina automaticamente i tempi di fusione. Per una buona riuscita della saldatura è necessario accertarsi che le superfici interessate alla giunzione (interna del manicotto ed esterna dei tubi) siano assolutamente esenti da impurità di qualsiasi genere ed in particolare modo prive di umidità ed untuosità. Le parti che si innestano nel manicotto devono essere precedentemente raschiate con un coltello affilato onde togliere l'ossidazione superficiale del materiale. A saldatura ultimata si raccomanda di non forzare in alcun modo la stessa se non fino a quando la temperatura superficiale esterna del manicotto sia spontaneamente scesa sotto i 50 °C.

d6) Giunzione per flangiatura

Per la flangiatura di spezzoni di tubazione o di pezzi speciali, si dovranno usare flange scorrevoli rifilate su collari saldabili in PE a.d. (cartelle di appoggio).

I collari data la resistenza che devono esercitare, dovranno essere prefabbricati per stampaggio dal fornitore dei tubi e dovranno essere applicati (dopo l'infilaggio della flangia) mediante saldatura di testa. Le flange dovranno essere quindi collegate con normali bulloni o tiranti di lunghezza appropriata.

L'inserimento di guarnizioni è consigliato in tutti i casi. Le flange dovranno essere di normale acciaio al carbonio protetto con rivestimento di plastica; a collegamento avvenuto, flange e bulloni potranno essere convenientemente protetti contro la corrosione. Si segna in modo ben visibile sul tubo la nuova posizione raggiunta, che è la linea di riferimento

d7) Esecuzione del giunto con manicotto (Tubi PE a.d. corrugato):

Il sistema (tubo e giunzione) dovrà essere conforme alla norma UNI EN 13476 e certificato con marchio di qualità di prodotto da ente certificatore terzo accreditato. Le barre dovranno essere dotate di giunzione a bicchiere o manicotto esterno con relative guarnizioni di tenuta EPDM conformi alla EN681-1.

4.10.5 Taglio dei tubi

Il tubo va tagliato al suo asse, a mezzo di sega a mano a denti fini o di fresa. L'estremità così ricavata, per essere introdotta nel rispettivo bicchiere, deve essere smussata secondo angolazione del valore indicato dal fabbricante dei tubi, conservando all'orlo uno spessore variabile, crescente con i diametri, secondo valori indicati, anche essi dal fabbricante.

4.10.6 Pezzi speciali

I pezzi speciali devono rispondere ai tipi, alle dimensioni ed alle caratteristiche stabilite dalle norme UNI 7444/75.

E' importante predisporre fino dall'atto del montaggio della canalizzazione tutti i pezzi speciali indispensabili per gli allacciamenti degli scarichi alla fognatura.

Se si rende necessario l'inserimento di un allacciamento non previsto in una canalizzazione già posata ed interrata, è opportuno adottare uno dei sistemi di seguito illustrati.

4.10.7 Collegamenti speciali

Il collegamento a manufatti (quali pozzetti, impianti di trattamento, ecc.) deve avvenire a perfetta tenuta realizzata mediante l'inserimento di giunzione elastica. Questa è ottenuta per mezzo di adatto pezzo speciale di PVC, o di altro materiale, reperibile in commercio.

Il collegamento con tubi di altri materiali si esegue a mezzo di giunti del tipo Gibault o comunque con giunti ad azione meccanica, mai con operazioni termiche, tendenti ad adattare le dimensioni originali del tubo in PVC a quelle del tubo di altro materiale.

4.10.8 Innesti successivi e derivazioni

Qualora si renda necessario effettuare un innesto nella tubazione di PVC già posta in opera, si dovrà procedere con uno dei seguenti sistemi:

Modalità 1

- tagliare il tubo per una lunghezza uguale al pezzo speciale da inserire, più due volte il diametro;
- inserire il pezzo speciale imboccandolo su una delle estremità del tubo tagliato;
- ricostruire la continuità della canalizzazione a mezzo di un tronchetto lungo quanto la restante interruzione, congiungendolo alle estremità con manicotti a bicchiere doppio scorrevoli.

Modalità 2

- praticare nel tubo un foro previamente tracciato appoggiando (senza incollare), nella posizione adatta la diramazione con sella e seguendo il controllo interno della diramazione stessa con matita grassa;
- incollare, previa pulizia, sul tratto interessato il pezzo speciale a sella.

4.11 Posa in opera delle tubazioni in C.A.

4.11.1 Letto di posa

Appoggio su suoli naturali

Il supporto può essere realizzato dallo stesso suolo naturale affiorante sul fondo della fossa, purché questo abbia densità almeno pari a quella del supporto in sabbia o ghiaia-sabbia di riporto.

Questa soluzione sarà adottata preferibilmente quando il suolo ha natura non legante, con granulometria massima inferiore a 20 mm. Con tubi rigidi, sarà ammesso l'appoggio diretto anche su suoli costituiti da ghiaia grossa, purché la dimensione non superi la metà dello spessore della parete del condotto. La superficie di posa sul fondo della fossa sarà accuratamente presagomata secondo la forma esterna dei condotti, in modo tale che questi appoggino esattamente per l'intera superficie corrispondente all'angolo di supporto, evitando appoggi in punti singoli o lungo linee.

Potrà essere altresì prescritto il rinalzo della condotta, sopra la sella d'appoggio sagomata, con materiale non legante costipato a strati, in modo tale da fargli acquisire una compattezza almeno pari a quella del suolo naturale sottostante. In questo modo di regola dovrà essere aumentato l'angolo di supporto.

In alternativa, la condotta potrà essere posata sul fondo della fossa piana, ossia non presagomata e rinalzata con materiale non legante costipato come nel caso precedente.

Come materiale per il rinalzo si possono usare sabbia e ghiaietto naturale fortemente sabbioso (percentuale di sabbia > 15%) con granulometria massima pari a 20 mm, ovvero sabbia di frantumazione e pietrischetto con granulometria massima pari a 11 mm.

Nel caso di tubi con piede, l'angolo del supporto è prefissato dalla forma del piede. Di norma, peraltro, questi tubi saranno posati su uno strato di calcestruzzo magro, senza particolari prescrizioni sulla classe di resistenza e sullo spessore, previa interposizione di malta cementizia liquida.

Appoggio su materiale di riporto

Nel caso in cui sul fondo della fossa affiorino suoli inadatti per l'appoggio diretto (fortemente leganti od a granulometria troppo grossa), la suola deve essere approfondita per introdurre uno strato di supporto artificiale, costituito da terra adatta o calcestruzzo.

Come materiali di riporto sono adatti sabbia naturale, ghiaia fortemente sabbiosa (parte sabbiosa > 15%) con dimensione massima 20 mm, sabbia di frantumazione e pietrischetto con dimensione massima pari a 1/5 dello spessore minimo dello strato di supporto in corrispondenza della generatrice inferiore del condotto.

Con i suoli di compattezza media è sufficiente uno spessore minimo del supporto pari a 100 mm + 1/10 D. Con suoli molto compatti (per esempio, rocciosi), per contrastare concentrazioni di carico sul fondo del condotto, quando questo ha diametro superiore a 500 mm, lo spessore minimo del supporto deve essere pari a 100 mm + 1/5 D, ovvero si deve prevedere un supporto in calcestruzzo.

Appoggio su calcestruzzo

Lo strato di supporto dei tubi rigidi dovrà essere realizzato in calcestruzzo quando il fondo della fossa ha forte pendenza o è possibile il dilavamento della sabbia per effetto drenante o il sottofondo è roccioso.

Lo spessore del supporto in calcestruzzo lungo la generatrice inferiore dei tubi senza piede sarà pari a 50 mm + 1/10 D in mm, con un minimo di 100 mm. Inizialmente si realizzerà una soletta piana in calcestruzzo, sulla quale verranno sistemati i tubi, completando poi il supporto fino al previsto angolo di appoggio. Oppure il supporto in calcestruzzo verrà realizzato integralmente, con una sagoma corrispondente alla superficie esterna del tubo e questo verrà successivamente posato su malta fresca. Per i tubi con piede ci si limiterà a realizzare una soletta piana in calcestruzzo con uno spessore minimo uguale a quello del caso precedente.

Per i condotti flessibili, qualora per ragioni costruttive sia necessaria una soletta in calcestruzzo, tra condotto e soletta si deve prevedere uno strato intermedio in sabbia e ghiaietto costipabile, con uno spessore minimo pari a 100 mm + 1/10 D in mm.

In ogni caso, fino all'indurimento del calcestruzzo, la fossa deve essere tenuta libera da acque di falda.

Camicia in calcestruzzo

In particolari condizioni statiche, la direzione dei lavori potrà prescrivere un'incamiciatura del condotto in calcestruzzo semplice o armato, parziale o totale, suddivisa mediante giunti trasversali.

Nel caso di incamiciatura in calcestruzzo di tubi flessibili, occorre fare attenzione che la camicia costituisca l'unica struttura portante, senza la collaborazione del tubo. Pertanto, lo spessore minimo deve essere aumentato in funzione delle esigenze statiche.

Nelle zone rocciose, quando non fosse possibile rendere liscio il fondo dello scavo o laddove la natura dei terreni lo rendesse opportuno, ed in ogni caso su disposizione della direzione dei lavori, le tubazioni saranno poste in opera con l'interposizione di apposito letto di sabbia (o di materiale arido a granulometria minuta) dell'altezza minima di D/10 + 10 cm (essendo D il diametro del tubo in cm) esteso a tutta la larghezza del cavo.

Qualora fosse prescritta la posa su massetto delle tubazioni, lo stesso sarà realizzato con conglomerato cementizio magro, in sezione non inferiori a quelle riportate nella seguente tabella.

Tabella 1 – Tubazioni interrate – Dimensioni minime del massetto di posa

Parametri	Diametro esterno del tubo (cm)							
	30	40	50	60	70	80	90	100
Altezza platea (cm)	10	10	12	12	14	14	14	16
Altezza rinfiango (cm)	25	30	40	46	55	63	68	78
Larghezza massetto (cm)	55	70	80	95	105	115	130	140

La norma UNI 7517 indica le diverse modalità di posa, i coefficienti di posa K da adottare in funzione dell'angolo d'appoggio, del grado di costipamento del rinfiango e del tipo di trincea. Il carico di rottura in trincea Q_r risulterà dal prodotto del carico di rottura per schiacciamento Q (ottenuto in laboratorio) per il coefficiente di posa K $Q_r = K \times Q$.

4.11.2 Modalità esecutive per la posa in opera

Controllo e pulizia dei tubi

Prima di procedere alla loro posa in opera, i tubi devono essere controllati uno ad uno per scoprire eventuali difetti o danni. Le code, i bicchieri, le guarnizioni devono essere integre.

Prima di essere posto in opera ciascun tubo, giunto e/o pezzo speciale dovrà essere accuratamente controllato per scoprire eventuali rotture dovute a precedenti ed errate manipolazioni (trasporto, scarico, sfilamento), pulito dalle tracce di ruggine o di qualunque altro materiale estraneo.

Quelli che dovessero risultare danneggiati in modo tale da compromettere la qualità o la funzionalità dell'opera devono essere scartati e sostituiti. Nel caso in cui il danneggiamento abbia interessato soltanto l'eventuale rivestimento, si dovrà provvedere al suo ripristino.

Deve essere lubrificata l'estremità maschio per tutta la circonferenza, soprattutto nella zona dell'estremità arrotondata. Il lubrificante dovrà essere compatibile con la qualità della gomma.

Nicchie in corrispondenza dei giunti.

Il sottofondo deve essere sagomato ed avere delle nicchie per l'alloggiamento delle giunzioni dei bicchieri, in corrispondenza dei giunti, onde evitare che la tubazione resti poggiata sui giunti stessi.

Le nicchie devono essere costruite dopo avere ultimato lo scavo a fondo livellato e devono avere la profondità minima indispensabile per consentire l'operazione di montaggio ed incasso del giunto.

Continuità del piano di posa

Il piano di posa dovrà garantire un'assoluta continuità d'appoggio e, nei tratti in cui si temano assestamenti, si devono adottare particolari provvedimenti quali: impiego di giunti adeguati; trattamenti speciali del fondo della trincea; o se occorresse, appoggi discontinui stabili, quali selle o mensole. In quest'ultimo caso la continuità di contatto tra tubo e selle sarà assicurata dall'interposizione di materiale idoneo.

Tubi danneggiati durante la posa in opera

I tubi che nell'operazione di posa avessero subito danneggiamenti devono essere riparati così da ripristinarne la completa integrità, ovvero saranno definitivamente scartati e sostituiti.

Nell'operazione di posa dovrà evitarsi che nell'interno delle condotte penetrino detriti o corpi estranei di qualunque natura e che venga comunque danneggiata la loro superficie interna

Qualora, durante le operazioni di accostamento dei tubi, penetrasse della terra o altri materiali estranei tra le superfici frontali o nei giunti, si dovrà provvedere a sfilare l'ultimo tubo per effettuare le necessarie pulizie ed a posarlo nuovamente dopo aver ripristinato la suola.

Piano di posa

Per la corretta esecuzione delle livellette di posa, la direzione dei lavori si riserva di prescrivere l'uso di un'apparecchiatura a raggio laser, corredata di indicatori di pendenza, di dispositivo elettronico di autolivellamento, di spostamento della direzione destra/sinistra, di inclinazione laterale, di spia batteria, munita di livello a bolle d'aria e protetta contro l'inversione della polarità.

Ove si rendesse necessario costituire il letto di posa o impiegare per il primo rinterro materiali diversi da quelli provenienti dallo scavo, dovrà accertarsi la possibile insorgenza di fenomeni corrosivi adottando appropriate contromisure.

La posa della condotta, sul fondo piano della fossa, è possibile solo mediante introduzione a strati e accurato costipamento del materiale di rinalzo.

La condotta si poserà su un letto di sabbia di spessore $(0,10 + D/10)$ m e, comunque maggiore di 15 cm, e di larghezza quanto lo scavo.

Il supporto deve essere eseguito con l'angolo minimo corrispondente al calcolo statico.

Per tubi rigidi senza piede, l'angolo di appoggio deve essere di regola 90°; esso può essere realizzato mediante accurato rinalzo e compattazione a mano o con attrezzi leggeri. Angoli di appoggio superiori (120°) possono essere realizzati con tubi rigidi solo se gli interstizi del supporto vengono costipati a strati in modo intensivo e si assicura che la densità del materiale nell'ambito del supporto sia maggiore di quella sotto il tubo. Angoli di appoggio inferiori a 90° possono essere realizzati previo controllo statico; con tubi rigidi aventi diametro = 200 mm, l'angolo di appoggio non può comunque essere inferiore a 60°.

Per i tubi flessibili, di regola il calcolo statico è basato su un angolo di appoggio di 180°, realizzato mediante compattazione intensiva del materiale di supporto fino all'altezza delle imposte.

Per i condotti con rivestimento protettivo esterno, il materiale del supporto e le modalità esecutive saranno tali da non danneggiare il rivestimento.

Se il supporto si trova immerso permanentemente o temporaneamente nella falda acquifera sotterranea, si dovrà prevenirne il dilavamento nei terreni circostanti o nel sistema di drenaggio. È costituito da materiale riportato (normalmente sabbia), in moda da costituire un supporto continuo alla tubazione. Si sconsigliano, in quanto possibile, fondi costituiti da gettate di cemento o simili.

Il letto di posa non dovrà essere costituito prima della completa stabilizzazione del fondo della trincea. In pratica il materiale più adatto sarà costituito da ghiaia o da pietrisco con diametro massimo di 20 mm. Il materiale impiegato dovrà essere accuratamente compatto in modo da ottenere l'indice Proctor prescritto.

Modalità di posa in opera

La posa in opera dei tubi sarà effettuata sul fondo della trincea spianato e livellato, eliminando ogni asperità che possa danneggiare tubi e rivestimenti.

I tubi si poseranno procedendo da valle verso monte e con i bicchieri disposti in senso contrario alla direzione del flusso.

In nessun caso si dovrà regolarizzare la posizione dei tubi nella trincea utilizzando pietre o mattoni ed altri appoggi discontinui.

Nessun tratto di tubazione dovrà essere disposto in orizzontale.

Per le operazioni di posa in opera, si devono osservare le raccomandazioni ed istruzioni del fornitore dei tubi.

I tubi verranno calati nello scavo solamente dopo aver controllato che il letto di posa in sabbia dello spessore di almeno 10 cm sia perfettamente piano e che siano state eseguite le nicchie per l'alloggiamento dei giunti.

Posa in opera di condotte di grosso diametro

La posa in opera delle condotte di grande diametro (maggiori di 1,00 m) specie per le condotte in conglomerato cementizio, deve essere eseguita su sella realizzata in conglomerato cementizio.

Lo spessore minimo della sella, in corrispondenza della generatrice inferiore della condotta, deve essere maggiore o uguale a $0,25 D$, con un minimo di 10 cm; la base d'appoggio della sella sul fondo non dovrà essere inferiore a $(D + 0,20 D)$ m.

La sella dovrà essere continua eventualmente con sezione ridotta in corrispondenza dei giunti a bicchiere per permettere l'accoppiamento.

Sicurezza statica della canalizzazione

La posa in opera di una condotta assume notevole importanza per la sicurezza statica della canalizzazione, dovendo assicurare una ripartizione uniforme dei carichi ed efficienza nel tempo.

Particolare cura si porrà pertanto nella posa dei condotti, in particolare devono essere posati in modo tale da assicurare:

- una distribuzione dei carichi trasmessi dalla condotta al terreno che non dia luogo a tensioni concentrate su di essa;
- un rinfianco laterale che limiti, specie per le condotte elastiche, le deformazioni della condotta (ovalizzazione) le quali, oltre ad incrementare le tensioni, potrebbero creare problemi di tenuta dei giunti;
- una sufficiente ripartizione dei carichi esterni, specie di quelli accidentali;
- la possibilità di eseguire correttamente i giunti e di poterne controllare il comportamento in fase di collaudo (prima del rinterro).

Impiego di personale specializzato

L'impresa incaricata della saldatura e posa in opera delle tubazioni, dovrà avvalersi di personale specializzato e richiedere l'assistenza tecnica per il montaggio e il controllo delle saldature in cantiere alla ditta fornitrice.

Sollevamento dei tubi

Per il sollevamento e la posa dei tubi nella trincea, su rilevato o su appoggi, devono adottarsi gli stessi criteri usati per le operazioni di movimentazione degli stessi, con l'impiego di mezzi adatti a seconda del tipo e del diametro, onde evitarne il deterioramento ed in particolare delle testate e degli eventuali rivestimenti protettivi.

Dopo essersi bene assicurati dell'integrità del materiale e dell'approntamento del fondo dello scavo i tubi potranno essere calati nella trincea.

Chiusura delle testate libere della condotta

Le testate dei tratti di condotta che per qualsiasi motivo dovessero rimanere libere in aspettativa, devono sempre essere chiuse con tappi provvisori di legno o altro materiale idoneo ad evitare l'ingresso di corpi estranei (animali o altri materiali) nelle tubazioni, che possono danneggiare l'efficienza della condotta.

Indicazioni tecniche fornite dall'appaltatore

L'impresa appaltatrice dovrà:

- produrrà le schede tecniche dei materiali che intende fornire, inerenti i tubi, le giunzioni, i pezzi speciali, le flange ed altro;
- indicare la ditta fornitrice delle tubazioni, giunti, pezzi speciali, ecc. la quale dovrà dare libero accesso nella propria azienda, agli incaricati della stazione appaltante affinché questi possano procedere alle verifiche sulla rispondenza delle tubazioni alle prescrizioni di fornitura.

4.12 Posa in opera delle tubazioni in acciaio

4.12.1 Scarico, maneggio, trasporto, sfilamento dei tubi

Onde evitare danni alle testate dei tubi, lo scarico ed il maneggio di questi, per diametri superiori al diametro 150 mm, dovrà essere eseguito con l'impiego di fasce o di briglie atte ad agganciare il tubo alle estremità. Detti accessori dovranno essere di tipo approvato dalla Direzione Lavori. Non è permesso lo scarico dei tubi facendoli rotolare direttamente dagli autocarri.

In caso di trasferimenti di tubi già accatastati o sfilati, il maneggio degli stessi dovrà essere effettuato con le stesse modalità di cui sopra.

Per l'accatastamento dei tubi fasciati dovranno essere impiegati, sia sul piano di appoggio che fra i diversi strati di tubi, listelli di legno di dimensioni e numero sufficienti a garantire l'integrità del rivestimento.

Per diametri uguali o superiori ai 300 mm, le cataste potranno al massimo essere costituite da tre strati.

Il trasporto e lo sfilamento dovranno essere effettuati con mezzi idonei ad evitare danni alle testate, ovalizzazioni o ammaccature al tubo e lesioni al suo rivestimento.

E' vietato lo slittamento e il trascinarsi dei tubi. L'appaltatore sarà responsabile dello smistamento dei tubi in relazione al loro diametro, spessore e tipo di rivestimento come precisato dal progetto o dalle particolari disposizioni emanate dalla Direzione Lavori.

Ogni spostamento di tubi risultante dall'inosservanza di quanto sopra sarà a carico dell'appaltatore.

4.12.2 Posa in opera delle condotte in acciaio

I tubi delle condotte dovranno essere collocati sia altimetricamente che planimetricamente nella precisa posizione risultante dai disegni di progetto, ovvero secondo le disposizioni della Direzione Lavori.

I tubi verranno calati nelle fosse secondo le prescritte cautele, previa pulitura delle materie che vi fossero internamente depositate.

Le tubazioni saranno poggiate su un letto di sabbia di almeno 15 cm, rinfiancate e ricoperte con sabbia sino ad una altezza di almeno 15 cm. al di sopra dell'estradosso della condotta, ad eccezione del caso in cui la condotta non debba essere posata all'interno del bauletto di calcestruzzo così come da elaborati grafici di progetto.

Il tubo dovrà essere spogliato dell'eventuale rivestimento agli estremi e quindi pulito allo scopo di agevolare l'adesione della saldatura e la perfetta tenuta della medesima.

Il giunto dovrà essere eseguito mediante saldatura realizzata seguendo le indicazioni del paragrafo seguente.

Effettuate le giunzioni, si attenderà l'esito favorevole della prova di tenuta e, solamente dopo tale risultato, previa accurata pulitura, si provvederà alla verniciatura dei tubi in corrispondenza dei giunti mediante catrame fluido a caldo e quindi al rivestimento del giunto stesso con vetroflex e bitume.

4.12.3 Pulizia dei tubi, verifica e preparazione delle testate

Prima dell'allineamento per la saldatura, il tubo dovrà essere pulito internamente con scovoli atti a rimuovere tutto lo sporco ed ogni frammento che possa disturbare o danneggiare l'installazione.

La medesima operazione di pulizia dovrà essere fatta alle valvole ed agli altri pezzi speciali.

Le testate dei tubi dovranno essere perfettamente ripulite da vernici, grassi, bave, terra, ecc. con un metodo approvato dalla Direzione Lavori, in modo da evitare difetti nell'esecuzione delle saldature.

Prima dell'accoppiamento le testate dei tubi dovranno essere, a cura dell'appaltatore, controllate al fine di verificare che le ovalizzazioni siano contenute entro le tolleranze qui riportate:

Tolleranze sul diametro esterno

la tolleranza è del $\pm 1\%$ con un minimo di $\pm 0,5$ mm e, per tubi senza saldatura con diam. 700, del $\pm 1,5\%$; in funzione del tipo di giunto, previo accordo all'ordinazione, possono essere prescritte, per una lunghezza delle estremità calibrate non minore di 100 mm, le tolleranze seguenti:

- + 1,6 - - 0,4 mm, per tubi con diam. ≤ 250 ;
- + 2,5 - - 1 mm, per tubi con diam. > 250 ;

A giudizio della Direzione Lavori eventuali difetti non contenuti nella tolleranza, potranno essere riparati a cura e spese dell'appaltatore utilizzando martelli od altri utensili di bronzo od ottone.

I difetti che non potranno essere riparati saranno eliminati tagliando la parte difettosa.

I tubi non corrispondenti alle specifiche norme ed aventi difetti superficiali non riparabili dovranno essere scartati con l'approvazione della Direzione Lavori e formeranno oggetto di segnalazione scritta alla Committente.

Tutti i tagli che dovranno essere effettuati saranno fatti secondo un piano normale all'asse del tubo ed eseguiti esclusivamente con apposita apparecchiatura.

Il bordo del taglio dovrà essere rifinito ed aggiustato con l'uso di una mola o mediante lima.

4.12.4 Curve

E' ammesso il montaggio di curve costruite a freddo con idonea macchina piegatubi e rispondenti alle seguenti specifiche:

- l'ovalizzazione, intesa come differenza fra il diametro massimo e minimo, non dovrà essere superiore al 2,50% del diametro nominale;
- l'ovalizzazione potrà essere controllata mediante un calibro costituito da due dischi in lamiera di diametro uguale al 97,5% del diametro interno nominale del tubo accoppiati rigidamente ad una distanza pari ad un diametro;
- il raggio di curvatura non dovrà essere minore di 5 volte il diametro esterno della condotta;
- ogni tubo che presenterà ammaccature, rotture od altri segni evidenti di danni in seguito all'operazione di curvatura, dovrà essere sostituito a cura e spese dell'appaltatore.

4.12.5 Saldatura elettrica

Specifiche delle saldature - Le saldature su tubi del diametro di 100 mm ed oltre dovranno essere fatte mediante un processo manuale ad arco secondo la regolamentazione stabilita dalle "Norme per l'esecuzione in cantiere ed il collaudo delle giunzioni circolari mediante saldatura dei tubi d'acciaio per condotte d'acqua" redatte dalla Sottocommissione Saldatura Tubi in Acciaio.

Forniture ed attrezzature per le saldature - L'appaltatore sarà tenuto a fornire tutte le attrezzature per la saldatura ivi compresi gli elettrodi conformi alle specifiche. Tutti gli elettrodi impiegati dovranno essere omologati a cura del fabbricante secondo le tabelle UNI 5132, 7243 e 7244.

Nell'esecuzione della saldatura, i valori di tensione e di corrente saranno conformi a quanto raccomandato per ogni tipo di elettrodo impiegato.

Gli elettrodi verranno immagazzinati ed usati in accordo prescrizioni del fabbricante.

Verranno scartati quelli che presentino segni di deterioramento.

Procedimento di saldatura - La procedura di saldatura dovrà essere definita a soddisfazione della Direzione Lavori.

Il numero delle passate richieste dipenderà dallo spessore del tubo e dalla qualifica di procedura e non sarà minore di due; due passate contigue non dovranno essere iniziate nel medesimo punto.

Alla fine di ogni passata la saldatura dovrà essere pulita e raschiata da tutte le incrostazioni onde permettere un eventuale controllo visivo da parte della Direzione Lavori, per l'approvazione del proseguimento dei lavori relativi all'esecuzione delle passate successive.

Tale controllo verrà eseguito in modo da non pregiudicare, nei limiti del possibile, l'andamento dei lavori di montaggio. La prima passata dovrà risultare piena, con una completa penetrazione sui bordi e preferibilmente con una piccola quantità di rinforzo alla base.

Completata la saldatura, questa dovrà essere pulita da tutte le scorie e dal materiale ossidato onde permettere una ispezione visiva.

In nessun caso una saldatura dovrà essere limitata alla prima sola passata.

In caso di cattivo tempo l'esecuzione delle saldature dovrà essere protetta dalla pioggia e dal vento e nessuna saldatura verrà eseguita a tubo umido, a meno che i giunti da saldare non vengano adeguatamente preriscaldati secondo la qualifica di procedura ed il materiale utilizzato, previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Qualora da parte di Enti od Autorità preposte al controllo dei lavori fossero imposte norme più restrittive, l'appaltatore sarà tenuto ad uniformarsi a tali prescrizioni.

L'appaltatore, in nessun caso, sarà sollevato dalle responsabilità e dagli oneri derivanti da inosservanza di queste prescrizioni.

Preriscaldamento - L'appaltatore dovrà provvedere al preriscaldamento delle estremità dei tubi e dei raccordi, con le modalità fissate nella procedura per la saldatura di cui al precedente paragrafo, ogni qualvolta questo si renderà necessario per la perfetta esecuzione dei lavori ed in ogni caso quando richiesto dalla Direzione Lavori.

In particolare, il preriscaldamento è richiesto quando la temperatura ambiente sia inferiore ai 4°C e per l'esecuzione delle saldature relative alla messa in opera delle valvole d'intercettazione e dei pezzi speciali aventi spessori diversi da quelli della tubazione.

Tipi e sezioni degli elettrodi - Tutti gli elettrodi saranno strettamente conformi ai requisiti specificati nelle tabelle UNI 5132, 7243 e 7244.

Il numero di classificazione del metallo di riempimento, la misura degli elettrodi usati per ciascuna passata, il numero e l'intervallo di tempo fra le passate ed il numero dei saldatori operanti simultaneamente sui vari punti, dovranno essere strettamente in accordo con la qualifica di procedura riguardante la saldatura.

Qualifica dei saldatori - Potranno effettuare giunzioni saldate solo i saldatori qualificati con i procedimenti descritti nelle norme UNI 4633 e UNI 6918. La Committente potrà richiedere che la qualifica venga esibita alla presenza di un suo rappresentante. La Direzione Lavori si riserva il diritto di prelevare, a cura e spese dell'appaltatore, una saldatura per ogni saldatore al fine di controllarne la capacità dichiarata dall'appaltatore.

L'appaltatore sosterrà tutte le spese dei tagli, delle sostituzioni e dei provini di collaudo connessi con tutte le prove di cui sopra.

Qualora Autorità ed Enti preposti per i controlli e la sicurezza delle saldature richiedessero di effettuare direttamente la qualifica dei saldatori, l'appaltatore sarà obbligato ad uniformarsi a tali disposizioni, assumendo a suo carico tutti gli oneri relativi.

Tale qualifica, a giudizio della Committente, potrà sostituire quella prevista nel presente paragrafo. Prima dell'inizio dei lavori l'appaltatore consegnerà alla Direzione Lavori l'elenco nominativo dei saldatori che verranno impiegati, assumendosi comunque ogni responsabilità riguardo la qualifica degli stessi ai sensi di quanto specificato nel presente paragrafo.

È fatto divieto di far operare in cantiere saldatori senza il preventivo benestare della Direzione Lavori.

Le saldature effettuate da saldatori rifiutati dalla Direzione Lavori dovranno essere eliminate.

Ispezione e collaudo delle saldature in cantiere - La Committente, direttamente od attraverso la Direzione Lavori, avrà la facoltà di controllare che le saldature siano state eseguite in accordo con le norme esistenti e secondo le istruzioni date.

Controllo distruttivo delle saldature - La Committente o la Direzione Lavori avranno la facoltà di ordinare il prelievo di provini da sottoporre a prova distruttiva in ragione dell'1% delle saldature eseguite.

I prelievi ed il rifacimento delle saldature saranno eseguite a cura e spese dell'appaltatore.

Qualora in eccedenza a quanto sopra stabilito vengano ordinati prelievi di altri provini, l'appaltatore dovrà provvedere al taglio ed al rifacimento della saldatura.

Gli oneri relativi a tali ultime operazioni saranno a carico della Committente in caso di esito positivo della prova ed a carico invece dell'appaltatore qualora la saldatura risultasse difettosa.

Le prove distruttive verranno eseguite in conformità della procedura prevista dalle norme API 1104.

Controllo non distruttivo delle saldature - Eventuali prove non distruttive, qualora richieste dalla Committente, potranno venire eseguite a cura di Ditte specializzate ed a carico dell'appaltatore, su incarico della Committente o dell'Appaltatore, sia con ultrasuoni che con metodo radiografico o con entrambi a richiesta della Committente, in relazione al tipo di giunto.

Gli esiti del controllo dovranno essere comunicati con tempestività alla Direzione Lavori, onde evitare, nei limiti del possibile, ritardi nell'avanzamento delle operazioni di saldatura.

Tutta la documentazione riguardante i controlli non distruttivi dovrà, in ogni momento, essere a disposizione della Direzione Lavori.

Le saldature denunciate difettose al controllo con ultrasuoni dovranno essere sottoposte a controllo radiografico al fine di accertare la natura del difetto.

Il controllo radiografico verrà eseguito mediante raggi X od altro metodo a facoltà della Committente ed applicando i criteri di accettabilità contenuti nelle norme API 1104.

L'eventuale controllo verrà effettuato secondo le modalità stabilite dalla Direzione Lavori.

Accettabilità, taglio e riparazioni delle saldature - I criteri di accettabilità saranno, di regola, quelli contenuti nelle norme API 1104.

La Committente si riserva la facoltà di seguire eventuali altri criteri assumendo a proprio carico le relative spese.

Nel taglio delle saldature non accettabili il ricollegamento della colonna sarà fatto inserendo un tronchetto di lunghezza non inferiore a 50 cm o spostando un tronco di colonna saldata fino alla giusta posizione; le saldature ripetute dovranno essere di nuovo radiografate e le spese relative saranno a carico dell'appaltatore.

Tutte le operazioni inerenti all'eliminazione delle saldature classificate non accettabili e le riparazioni delle saldature difettose verranno eseguite a cura e spese dell'appaltatore con l'approvazione della Direzione Lavori e comunque in accordo con le norme API 1104.

4.13 Posa in opera in galleria

La posa delle tubazioni metalliche in galleria avrà inizio solo dopo lo scavo, la messa in sicurezza di un tratto completo di galleria fra due pozzi di accesso/servizio adiacenti, e la formazione, all'interno del cunicolo di un piano di posa idoneo per l'appoggio della tubazione in acciaio. Le tubazioni metalliche saranno tagliate con le lunghezze idonee per essere calate dal pozzo di servizio e ogni tratto verrà unito al successivo, mediante saldatura, prima di essere infilato nel cunicolo orizzontale o inclinato. La tubazione progressivamente assemblata verrà trascinata nel cunicolo, sul piano di posa, per mezzo di apposita attrezzatura di tiro predisposta in corrispondenza di uno dei pozzi di estremità.

Dopo l'infilaggio nel cunicolo delle tubazioni assemblate si procederà alla prova di tenuta idraulica e, ad esito favorevole, si provvederà a riempire l'intercapedine fra il cunicolo e la tubazione con calcestruzzo magro.

Tutti i pozzi verranno chiusi superiormente con una soletta in C.A. prefabbricata, dotata, dove necessario, di apertura per il passo d'uomo per l'ispezione completo di chiusino in ghisa classe D400.

4.14 Risanamento e consolidamento delle condotte fognarie per mezzo del relining

4.14.1 Relining completo

Il relining delle condotte consiste nella realizzazione, all'interno della tubazione da risanare o consolidare, di un nuovo tubo in fibroresina (con guaina speciale per fognature impregnata con resina termoidurente) che assumerà tutte le funzioni idrauliche e strutturali della condotta stessa.

La metodologia d'intervento e quella descritta nella norma Statunitense ASTM F 1216 (vedi allegato 6 - norma ASTM F 1216) o similari riconosciute.

L'Appaltatore sarà tenuto, per l'esecuzione del relining, a predisporre a sua cura e spese, tutto quanto necessita per dare l'opera finita a regola d'arte. A titolo esemplificativo e non esaustivo:

- individuazione delle opere edili accessorie eventualmente necessarie per l'intervento. Tali opere che dovessero rendersi necessarie per la perfetta esecuzione dell'opera (ad esempio: allargamento chiusini, rimozione solette ecc.) saranno a carico dell'Appaltatore anche qualora non fossero state descritte nel progetto;
- realizzazione di by – pass del tratto di condotta mediante pompe e tubazioni di capacità adeguata a mantenere in esercizio la fognatura per tutta la durata dell'intervento. Le pompe saranno sorvegliate ininterrottamente e dovranno essere predisposti adeguati ricambi di pronto intervento;
- ispezione televisiva del tratto da rivestire per individuare esattamente le caratteristiche della condotta da risanare e per mappare gli allacci da ripristinare;
- intercettazione e deviazione provvisoria degli allacciamenti che non potessero essere temporaneamente messi fuori servizio;
- pulizia accurata, mediante canal-jet, del tratto da risanare;
- costruzione del ponteggio di altezza adeguata al sostegno del tubo di inversione;
- preparazione delle strutture per permettere il passaggio della guaina nei pozzetti intermedi e per fermarla nel pozzetto di arrivo;
- fissaggio ed introduzione della guaina nel tubo di inversione e quindi nella condotta mediante la spinta di aria compressa con pressione mantenuta costante in modo tale da fare avanzare la guaina in maniera omogenea e di farla aderire perfettamente alle pareti della tubazione. In alternativa può essere utilizzata una colonna d'acqua con battente costante;
- polimerizzazione della resina mediante immissione di vapore, o, in alternativa, mediante il regolare innalzamento della temperatura dell'acqua utilizzata per il procedimento di inversione. Le fasi di riscaldamento saranno eseguite con personale in numero adeguato per una sorveglianza continua; successiva fase di raffreddamento del fluido contenuto nella guaina;
- collaudo idraulico della condotta, secondo quanto previsto nella norma ASTM F1216 o similari riconosciute;
- prelievo, da uno dei pozzetti intermedi o da una delle due estremità dove saranno stati opportunamente predisposti degli anelli di diametro uguale a quello del tubo esistente bloccati con opportuni dispositivi, di un campione di guaina catalizzata per ogni 3 inserimenti, da sottoporre alle prove di laboratorio previste; ognuno di questi campioni dovrà avere dimensioni sufficienti a ricavarne 3 provini per esecuzione di prove a flessione e a trazione;
- taglio e sigillatura delle estremità e dei pozzetti intermedi;
- riapertura delle diramazioni laterali, se presenti, utilizzando apposite attrezzature e personale addestrato allo scopo;
- rimozione del by - pass e delle eventuali ture.

SPESSORI MINIMI DELLA GUAINA	
DIAMETRO mm	SPESSORE mm
150	4,5
200	4,5
250	4,5
300	6
350	6
400	6

500	8
600	9
700	9
800	12
900	12
1000	12
1200	15
1500	18

4.14.2 Relining localizzato

Le condotte che, in base alle videoispezioni, richiedessero solo interventi localizzati in zone ben precise potranno essere risanate localmente mediante tronchetti in fibroresina che, di norma, andranno ad interessare un tratto di lunghezza massima di 600 mm.

Dopo aver individuato e mappato il punto da risanare con la videoispezione, verrà predisposto un nastro di feltro, di lunghezza adeguata, rinforzato con fibre di vetro o materiale simile ed impregnate in cantiere con apposita resina indurente a temperatura ambiente.

Il feltro così preparato sarà introdotto nella condotta avvolto su di un apposito sostegnotubolare pneumatico (pallone) dimensionato a seconda della tubazione.

Il pallone dovrà essere dotato di by - pass interno (un tubo di adeguate dimensioni che lo attraversi per tutta la lunghezza) in modo da non interrompere il flusso della fognatura. Il posizionamento del pallone verrà eseguito con opportuni dispositivi quali, cavi di trascinamento mossi da argani motorizzati, aste flessibili o altro, sotto la guida di una telecamera di servizio. Una volta posizionato, il pallone verrà gonfiato con opportuna pressione pneumatica in modo tale che il nastro di feltro impregnato di resina venga compresso contro la parte da risanare, fino a far penetrare parte della resina nelle cavità e nelle crepe della parete lesionata.

Successivamente all'indurimento della resina, il pallone verrà sgonfiato ed estratto dalla tubazione lasciando all'interno uno strato di materiale che dovrà aderire perfettamente alla superficie stessa della condotta.

La resina dovrà essere compressa contro la parete della tubazione in maniera tale da costituire un corpo unico saldamente unito senza compromettere la stabilità statica e l'elasticità del tubo.

Al termine di queste operazioni si procederà ad una ispezione televisiva di controllo.

4.15 Realizzazione delle canalizzazioni in muratura

4.15.1 Realizzazione in trincea

I condotti devono essere costruiti mantenendo il piano di fondazione costantemente asciutto, se del caso con opportune opere di drenaggio.

Il piano di fondazione dovrà essere sistemato in conformità alle prescritte livellette e su di esso si farà luogo al getto del sottofondo e della fondazione.

Sul piano superiore del getto di fondazione si collocheranno in giusto allineamento e livelletta i pezzi speciali di fondo e, dopo verificato l'esattezza della loro posa in opera, si rinalzeranno con malta di cemento e sabbia, colando poi boiaccia di puro cemento o malta anticorrosiva nei giunti dei pezzi successivi.

In seguito, si passerà alla gettata della parte inferiore dei piedritti, lasciando in essi, con apposita dima, la rientranza per il rivestimento dei mattoncini o piastrelle, ove questo debba aver luogo; eseguito anche il rivestimento e completato con la relativa stilatura, si appresteranno le dime superiori e si farà la gettata dei rimanenti piedritti, lasciando le incassature per i pezzi speciali di immissione degli scarichi laterali.

Si procederà poi all'armatura della volta, alla sua formazione in getto di calcestruzzo o in mattoni, secondo quanto sia ordinato, e sopra la volta si stenderà la cappa lisciandola a ferro con spolveratura di cemento puro.

Quando il calcestruzzo della volta abbia fatto sufficiente presa, si toglieranno le armature e si procederà alla intonacatura interna del condotto.

Quali dime per le volte circolari potranno essere utilizzate, secondo le disposizioni della direzione dei Lavori, casseforme rigide oppure (per i getti in calcestruzzo) forme pneumatiche tubolari. Nel caso di casseforme

rigide, per sezioni di qualsiasi tipo, si procederà in un'unica ripresa all'armatura della parte superiore dei piedritti e della volta; nel caso di forme pneumatiche, per sezioni circolari, dovrà essere oggetto di particolari cure il loro ancoraggio, così da evitarne lo spostamento ed il sollevamento durante il getto.

In entrambi i casi, la messa in opera delle dime dovrà essere eseguita con centratura planimetrica ed a quota esatta; il getto, poi, avverrà per strati dello spessore prescritto, uniformemente distribuiti sui due lati delle dime; esso verrà interrotto, e contenuto da idonee cassetture di testata, in corrispondenza delle camerette, alla cui costruzione si provvederà successivamente al disarmo della canalizzazione.

Il disarmo per sgonfiamento e l'estrazione delle forme pneumatiche dovrà avvenire da 12 a 16 ore dopo il getto; appena recuperate, le forme pneumatiche verranno accuratamente lavate per togliere ogni residuo cementizio, non tollerandosene il reimpiego se esse siano incrostate o comunque non perfettamente pulite.

Non appena tolte le dime ed i casseri, le superfici del getto devono essere regolarizzate, subito dopo si procederà, secondo le previsioni di progetto, alla intonacatura, o, se necessario, alla preparazione delle superfici per l'applicazione dei rivestimenti protettivi.

4.15.2 Realizzazione in galleria

Per la realizzazione dei condotti in galleria, si apriranno dapprima i pozzi sull'asse della galleria o lateralmente, alla distanza l'uno dall'altro prescritta dalla direzione dei lavori. I pozzi, solidamente armati, devono scendere fino al piano inferiore della fondazione del condotto e fino al piano di posa dei drenaggi se si entra nella falda acquifera sotterranea.

Nei pozzi troveranno posto le pompe; le tine si affonderanno almeno fino ad un metro sotto il fondo del pozzo.

L'avanzamento dello scavo in galleria si farà con due squadre per ogni pozzo appena siano in posto i due quadri di inizio, e proseguirà fino all'incontro dei due attacchi.

Dopo di che si procederà in rapida successione a sistemare il piano di fondazione in conformità alle prescritte livellette, alla gettata del sottofondo, della fondazione e della parte inferiore dei piedritti, nonché alla posa dei materiali di rivestimento.

Qualora sia previsto l'uso dei cunicoli di fondo, questi verranno posati sul sottofondo, su letto di malta della qualità prescritta, procedendo quindi, come di norma, al getto della parte inferiore dei piedritti ed alla posa del restante materiale protettivo indicato dal progetto o dalla direzione dei lavori.

Lo spazio fra le pareti esterne dei piedritti e le pareti della galleria verrà riempito con cemento, togliendo gradualmente le assi di rivestimento.

Si passerà poi al completamento dei piedritti posando, se previsti, i pezzi speciali per le immissioni; indi tra due quadri si costruirà un tratto di volta della lunghezza non maggiore di 50 cm e si riempirà l'eventuale spazio fra l'estradosso della volta e le pareti laterali dello scavo (gradualmente liberate dalle assi di rivestimento) con cls, spingendola fin sotto le assi di rivestimento del cielo della galleria, assi che rimangono così perdute.

Le opere di finimento all'interno della canalizzazione seguiranno poi nei modi già prescritti per i condotti da costruirsi in trincea.

Se, mentre si costruisce la canalizzazione, avvenisse qualche infiltrazione di acqua dalle pareti dello scavo o dai muretti di sostegno della terra, si dovrà provvedere a condurre tali acque fino al drenaggio centrale; se poi qualche filo d'acqua penetrasse nella condotta finita attraverso le pareti, si ottererà il foro o la screpolatura con cemento ordinario o con cemento a rapida presa, previamente attenuando la forza del getto con stoppa catramata o spalmata di sego.

La direzione dei lavori si riserva la facoltà di modificare, in sede esecutiva, il tipo di cunicolo ed il rivestimento delle pareti di fondo. In tal caso la stazione appaltante provvederà a fornire franco cantiere su automezzo i materiali occorrenti; è a carico dell'appaltatore lo scarico tempestivo dei materiali.

4.16 Pozzetti di ispezione per fognature

I pozzetti sono realizzati secondo quanto riportato negli elaborati di progetto. Il numero, la posizione e le dimensioni dei pozzetti risultano dagli elaborati di progetto; dovranno essere a perfetta tenuta non presentare fessurazioni od altre imperfezioni che possano in qualche modo pregiudicare il loro normale funzionamento.

4.16.1 Ubicazione

Le camerette di ispezione devono essere localizzate come previsto dal progetto ed in generale in corrispondenza dei punti di variazione di direzione e/o cambiamenti di pendenza: in particolare devono essere disposti lungo l'asse della rete a distanza non superiore a 20-50 m.

4.16.2 Caratteristiche costruttive

I pozzetti d'ispezione devono essere muniti di innesti elastici ed a perfetta tenuta idraulica. In presenza di falda, devono essere prese precauzioni per evitare eventuali infiltrazioni d'acqua dalle pareti dei pozzetti.

I pozzetti potranno avere sezione orizzontale circolare o rettangolare, con diametro o lati non inferiori a 1,00 m, salvo diversa indicazione del progetto. Devono essere dotati di chiusino d'accesso generalmente realizzato in ghisa, avente diametro maggiore di 0,6 m. Tutti i pozzetti dovranno essere a perfetta tenuta non presentare fessurazioni od altre imperfezioni che possano in qualche modo pregiudicare il loro normale funzionamento.

4.16.3 Dispositivi di chiusura e di coronamento

I dispositivi di chiusura e coronamento (chiusini e griglie) devono essere conformi a quanto prescritto dalla norma UNI EN 124.

Il marchio del fabbricante dovrà occupare una superficie non superiore al 2% di quella del coperchio e non dovrà riportare scritte di tipo pubblicitario.

La superficie del dispositivo di chiusura deve essere posizionata a quota del piano stradale finito.

I pozzetti delle fognature bianche potranno essere dotati di chiusini provvisti di fori d'aerazione (chiusini ventilati).

4.16.4 Gradini d'accesso

Il pozzetto dovrà essere dotato di gradini di discesa e risalita, collocati in posizione centrale rispetto al cammino d'accesso. La scala dovrà essere alla marinara, con gradini aventi interasse di 30-32 cm, realizzati nei materiali specificati nelle tavole di progetto.

Nel caso di utilizzo di pioli (o canna semplice) questi devono essere conformi alle norme DIN 19555 ed avere diametro minimo di 20 mm e la sezione dovrà essere calcolata in modo che il piolo possa resistere ad un carico pari a tre volte il peso di un uomo e dell'eventuale carico trasportato. La superficie di appoggio del piede deve avere caratteristiche antiscivolo.

Al posto dei pioli potranno utilizzarsi staffe (o canna doppia) che devono essere conformi alle seguenti norme: tipo corto, DIN 1211 B; tipo medio, DIN 1211 A; tipo lungo, DIN 1212.

In tutti i casi i gradini devono essere provati per un carico concentrato di estremità non inferiore a 3240 N.

Nel caso di pozzetti profondi la discesa deve essere suddivisa mediante opportuni ripiani intermedi, il cui dislivello non deve superare i 10 m.

4.16.5 Pozzetti prefabbricati

I pozzetti prefabbricati devono essere costituiti da un elemento di base provvisto di innesti per le tubazioni, un elemento di sommità a forma tronco conica o tronco piramidale che ospita in alto, con l'inserimento di anelli o riquadri (detti raggiungi-quota), il chiusino; da una serie di elementi intermedi, di varia altezza, che collegano la base alla sommità.

Le giunzioni con le parti prefabbricate devono essere adeguatamente sigillate, con materiali plastici ed elastici ad alto potere impermeabilizzante. Solo eccezionalmente, quando non sono richieste particolari prestazioni per l'assenza di falde freatiche e la presenza di brevi sovrappressioni interne (in caso di riempimento della cameretta), potrà essere ammessa l'impermeabilizzazione con malta di cemento; in ogni caso, sul lato interno del giunto, si devono asportare circa 2 cm di malta, da sostituire con mastici speciali resistenti alla corrosione.

Per i manufatti prefabbricati in calcestruzzo si farà riferimento alla norma DIN 4034.

4.16.6 Pozzetti realizzati in opera

I pozzetti realizzati in opera saranno in calcestruzzo armato.

Qualora non diversamente specificato nelle tavole di progetto, le pareti dei muri devono essere ortogonali all'asse delle tubazioni per evitare il taglio dei tubi. Le pareti devono essere opportunamente impermeabilizzate, secondo le prescrizioni progettuali, al fine di prevenire la dispersione delle acque reflue nel sottosuolo.

Il Calcestruzzo dovrà essere a prestazione garantita, in accordo alla UNI EN 206-1, per strutture di fondazione (plinti, pali, travi rovesce, paratie, platee) e muri interrati ed impianti fognari a contatto con terreni e/o acque aggressive

contenenti solfati, con Classe di consistenza al getto S4, Dmax aggregati 32 mm, Cl 0.4; cemento ARS ad alta resistenza ai solfati in accordo alla UNI 9156. Classe di resistenza a compressione minima C32/40

La superficie interna del pozzetto, se in calcestruzzo, in presenza di acque fortemente aggressive, dovrà essere rifinita con intonaci speciali. Tutti gli angoli e gli spigoli interni del pozzetto devono essere arrotondati.

I pozzetti realizzati in murature o in calcestruzzo semplice devono avere uno spessore minimo di 20 cm, a meno di 2 m di profondità e di 30 cm per profondità superiori.

4.16.7 Allacciamenti alla canalizzazione di fognatura

In generale, per ogni lotto catastale edificato, verrà realizzato un condotto di allacciamento fino ai confini della proprietà, mentre per ciascun lotto catastale non edificato ci si limiterà ad inserire nella canalizzazione almeno un pezzo speciale con imboccatura o uno sghembo, pronto per l'allacciamento, a meno che – in particolare con strade molto trafficate e/o alti livelli freatici – la direzione dei lavori non prescriva anche in questo caso di completare l'allacciamento fino ai confini del lotto.

Non è consentito inserire i condotti di allacciamento dei pozzetti stradali nei condotti di allacciamento degli edifici.

I pezzi speciali con imboccatura e gli sghembi, predisposti per il successivo allacciamento, devono essere chiusi con appositi coperchi a tenuta ermetica.

Di norma, salvo diversa disposizione della direzione dei lavori, gli allacciamenti degli scarichi privati daranno realizzati mediante tubi in PVC del diametro nominale di 200 mm. Nella esecuzione dei condotti di allacciamento, devono essere evitati gomiti, bruschi risvolti e cambiamenti di sezione; all'occorrenza devono adottarsi pezzi speciali di raccordo e riduzione.

Nell'ambito della fossa della canalizzazione, i condotti di allacciamento devono essere supportati da calcestruzzo costipato o sabbia cementata. I collegamenti alla canalizzazione avverranno di norma mediante pezzi speciali con imboccatura inseriti nei condotti prefabbricati o sghembi inseriti nei getti in calcestruzzo o nelle murature realizzate in opera.

Solo in via eccezionale potrà essere consentito dalla direzione dei lavori l'inserimento di sghembi successivo alla realizzazione della canalizzazione. In tal caso si dovrà provvedere con diligenza alla perforazione del condotto mediante un attrezzo speciale a corona cilindrica, limitando le dimensioni del foro a quanto strettamente necessario; gli sghembi verranno quindi saldati alla tubazione senza che abbiano a sporgere all'interno del tubo e gettando all'esterno dello stesso un idoneo blocco di ammarraggio in calcestruzzo, ad evitare il distacco del pezzo speciale.

Nel collegamento tra i condotti e gli sghembi, devono infine prendersi le precauzioni atte ad evitare la trasmissione su questi ultimi d'ogni sollecitazione che ne possa provocare la rottura o il distacco.

I collegamenti alla tubazione saranno eseguiti mediante pezzi speciali di derivazione con imboccatura (braghe), inseriti nella condotta durante la sua costruzione.

Solo eccezionalmente la direzione dei lavori potrà autorizzare l'esecuzione di allacci successivamente alla realizzazione della condotta con le adeguate prescrizioni al fine di creare un collegamento che assicuri adeguata tenuta idraulica.

4.17 Caditoie di raccolta superficiale

Le caditoie dovranno essere realizzate in elementi prefabbricati secondo le indicazioni riportate negli elaborati di progetto.

Gli elementi prefabbricati dovranno essere saldati con malta e rinfiancati con calcestruzzo in modo da garantire la massima sicurezza nei confronti delle sollecitazioni a cui saranno sottoposte.

Sulla base delle caratteristiche dei pozzetti acquistati dall'Appaltatore (che dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori) dovranno essere messi in atto tutti gli accorgimenti necessari per dare l'opera finita e

perfettamente funzionante; eventuali cedimenti o assestamenti sia della parte in calcestruzzo che della griglia in ghisa saranno eliminati a carico dell'Appaltatore che dovrà provvedere alla risistemazione senza pretendere alcun compenso aggiuntivo.

Si sottolinea che nel prezzo di elenco relativo alla fornitura e posa in opera delle caditoie sono da considerarsi compresi gli oneri e le forniture necessari alla realizzazione del collegamento tra la caditoia stessa ed il condotto fognario (tubo circolare o scatolare chiuso), dell'allacciamento e della sigillatura con quest'ultimo, oltre alla fornitura e posa del chiusino in ghisa sferoidale carrabile. Il diametro e la tipologia del tubo in PVC di collegamento (che dovrà essere a perfetta tenuta) dovrà avere un diametro proporzionato alla portata di smaltimento e non inferiore a 160 mm.

4.18 Manufatti in calcestruzzo

Si veda la sezione n° 6 relativa alle Opere in conglomerato cementizio del presente Capitolato.

4.19 Opere metalliche in genere

4.19.1 Prescrizioni generali

Le disposizioni del presente paragrafo sono integrative al DM 17/01/2018 (NTC 2018) in materia di strutture in acciaio.

Il numero e le esatte dimensioni delle opere metalliche da fornirsi devono essere accertati e rilevati dall'Appaltatore, a tutte sue cure e spese.

L'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione dei Lavori le fabbriche presso le quali verranno realizzate le opere metalliche oggetto dell'appalto.

Non appena i materiali da impiegare nella relativa costruzione siano stati approvvigionati, dovrà darne tempestivo avviso alla Direzione stessa, così da consentire che gli accertamenti, i controlli e le prove del caso possano essere disposti tempestivamente.

Accettati i materiali ferme, comunque, restando le responsabilità dell'Appaltatore al riguardo dovrà procedersi, per ciascuna delle principali opere oggetto di fornitura, all'esecuzione di un campione da sottoporre alla Direzione dei Lavori per gli accertamenti di qualità e le prove che questa intendesse effettuare, nonché per le eventuali modifiche che risultassero opportune per il miglior esito della fornitura.

I campioni alla cui esecuzione l'Appaltatore deve provvedere a sue cure e spese e tutti i pezzi che la Direzione dei Lavori intenda visionare in corso di lavorazione, o appena ne sia stata ultimata l'esecuzione e prima del loro trasporto in cantiere, dovranno essere sottoposti all'esame con le superfici a vista non protette, in modo da consentire il miglior accertamento della qualità dei materiali e dell'idoneità delle lavorazioni.

4.19.2 Manufatti in acciaio

I materiali metallici da impiegare nei lavori dovranno corrispondere alle qualità, prescrizioni e prove fissate dalle normative UNI vigenti per l'accettazione dei materiali ferrosi, per le prove meccaniche e tecnologiche dei materiali metallici.

I materiali dovranno essere esenti da scorie, soffiature, bruciature, paglie o qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, laminazione, trafilatura, fucinatura e simili. Sottoposti ad analisi chimica dovranno risultare esenti da impurità e da sostanze anomali.

L'Appaltatore dovrà informare la Direzione Lavori dell'arrivo in officina dei materiali approvvigionati affinché, prima che ne venga iniziata la lavorazione, la Direzione Lavori possa disporre di preliminari esami e verifiche dei materiali medesimi e il prelievamento dei campioni per l'effettuazione delle prove di qualità e resistenza.

Dei risultati delle prove dovrà essere redatto regolare verbale in contraddittorio tra il Direttore dei lavori e l'Appaltatore, o loro rappresentanti. Nel caso di esito sfavorevole delle prove sopra indicate, la Direzione Lavori potrà rifiutare in tutto o in parte i materiali predisposti o approvvigionati, senza che l'Appaltatore possa pretendere indennizzo alcuno o proroga ai termini di esecuzione e di consegna.

Qualora la pesatura non sia stata effettuata in officina dovrà essere eseguita in cantiere, in contraddittorio fra il Direttore dei Lavori e l'Appaltatore, prima di iniziare il collocamento in opera.

Dalle verifiche e dalle pesature, sia eseguite in officina che in cantiere, dovranno essere redatti verbali in contraddittorio tra la Direzione Lavori e l'Appaltatore.

Le saldature, chiodature e bullonature dovranno essere accuratamente ripulite e spianate se in vista; così ogni unione dovrà essere perfettamente lavorata e rifinita, specie nelle opere come ringhiere, cancelli, scale alla marinara, ecc. I tagli potranno essere eseguiti con la cesoia; i tagli in vista dovranno essere rifiniti nelle opere che lo richiedano, con la mola.

Tutte le opere metalliche ad eccezione di quelle in acciaio inox, qualora non diversamente prescritto, dovranno essere protette e verniciate; per la verniciatura dei manufatti siderurgici, zincati o meno, saranno impiegati smalti o pitture oleosintetiche, epossidiche ed epossibituminose, come richiesto.

Per quanto riguarda la protezione contro il fuoco, nella progettazione e nella esecuzione di costruzioni in acciaio dovranno essere osservate le prescrizioni del DM 09/03/07 del Ministero dell'Interno, Direzione Generale Servizi Antincendio, "Norme di sicurezza per la protezione contro il fuoco dei fabbricati a struttura di acciaio destinati a uso civile e successive aggiunte e modifiche.

Dovrà inoltre essere osservato quanto disposto dal D.LGS 81/2008 che riguardano le protezioni dalle scariche atmosferiche, con il rispetto del DPR 462/2001.

4.19.3 Fornitura, prefabbricazione e montaggio delle strutture metalliche

Oggetto della fornitura

La fornitura comprenderà:

- a) Disegno d'assieme con marche di tutti gli elementi costituenti la struttura;
- b) Disegni di dettaglio mostranti tutti gli elementi con le proprie caratteristiche di dettaglio e forature;
- c) Calcolo e sviluppo dei giunti bullonati e/o saldati, sulla base del momento e del taglio alle estremità degli elementi da giuntare;
- d) Materiali, lavorazione e preassiatura d'officina, marcatura, imballaggio, carico, trasporto e montaggio;
- e) Trattamento delle superfici come indicato delle specifiche fornitori;
- f) Bulloni, dadi e rondelle per il fissaggio delle apparecchiature alle strutture oltre a quelli necessari alle giunzioni di forza e/o di montaggio;
- g) Liste dei materiali con pesi relativi e totali, per ogni complesso strutturale.

Qualità e caratteristiche dei materiali

Il materiale sarà acciaio INOX AISI 304

Le caratteristiche dei materiali dovranno essere garantite dai seguenti documenti, definiti e prescritti dalla norma UNI 5447-64:

- Certificato di conformità all'ordinazione, per profilati di altezza inferiore a 200 mm.
- Certificato di controllo per profilati di altezza superiore a 200 mm.

Il certificato di controllo (v. UNI citata) è un documento col quale il produttore certifica che i prodotti forniti sono conformi a quanto citato nell'ordine e nel quale egli fornisce i risultati di tutte le prove prescritte che sono state effettuate su campioni prelevati dai prodotti forniti.

Tutti i materiali saranno esenti da difetti di qualsiasi genere conseguenti alla movimentazione interna od esterna all' officina.

4.19.4 Norme di esecuzione dei lavori

I lavori saranno eseguiti in conformità alle prescrizioni e ai disegni di progetto.

Ogni elemento costituente parte staccata, anche se composto di più pezzi preventivamente assemblati in officina dovrà avere una marcatura propria.

La lista dei materiali dovrà essere consegnata insieme alla prima c missione dei disegni d'assieme per approvazione.

Sarà a carico dell'Appaltatore l'onere derivante dall'esecuzione dei disegni per la prefabbricazione in officina, e l'indicazione del tipo di fissaggio dei grigliati e/o lamiere in genere, tenendo in conto le indicazioni riportate sulla documentazione di appalto.

Nell'esecuzione dei lavori di prefabbricazione si osserveranno le prescrizioni previste dalla DM 17/01/2018 (NTC 2018) e ai successivi decreti ministeriali.

La qualifica dei procedimenti di saldatura e la qualifica dei saldatori saranno in accordo alle prescrizioni del "Structura1 Welding Code A WS D1.1" ultima edizione.

a) Fabbricazione

Le connessioni fra i vari componenti le strutture dovranno essere saldate o bullonate conformemente a quanto richiesto negli elaborati grafici di progetto (rif. cartella 6).

Lamiere striate e grigliati saranno tagliati a misura in officina. I grigliati saranno forniti di fermagriglie bullonate. I grigliati saranno in acciaio inox AISI 304.

I giunti tra le lamiere o tra i grigliati non debbono cadere fuori delle travi di sostegno.

Dovrà essere eliminata ogni irregolarità superficiale degli elementi lavorati (lambi taglienti, sbavature, spigoli acuminati, etc.).

Tutti i cordoni di saldatura saranno accuratamente puliti da qualsiasi residuo di scoria.

Le marcature dovranno essere eseguite mediante punzonatura. Le marcature mediante verniciatura non sono accettate. Il contrassegno di marcatura dovrà contenere il numero del disegno a cui si riferisce e la marca del pezzo stesso.

Dette marcature dovranno essere contornate con un riquadro in vernice bianca, in modo che risultino facilmente reperibili in cantiere.

In caso di costruzione di più di un complesso strutturale, i contorni delle marcature dovranno essere di colore diverso.

Al fine di assicurare la regolarità di montaggio delle strutture in cantiere, prima della loro consegna saranno eseguite in officina prove di assiematura, più complete possibili, in accordo a quanto previsto nel punto successivo.

Tutti i collegamenti dovranno potersi effettuare in forma provvisoria mediante imbastitura con bulloni o spinotti, in modo da consentire che i vari elementi vengano allocati nella esatta posizione.

Gli elementi di imbastitura saranno dimensionati a cura dell'Appaltatore.

Posizione e diametro dei fori di montaggio dovranno essere tali da consentire l'assiematura senza dover effettuare operazioni supplementari in cantiere, come forature, o alesature e simili. Nella fornitura sono compresi bulloni, dadi e rondelle di montaggio necessari, con una eccedenza di almeno il 5% sul fabbisogno. Salvo contraria prescrizione le strutture saranno consegnate nel più avanzato stato di prefabbricazione, compatibile con la scelta dei mezzi di trasporto, in ogni caso tale da favorire la realizzazione di un rapido montaggio di cantiere.

Le connessioni eseguite nello stadio di prefabbricazione potranno essere saldate, salvo diversa indicazione sui disegni, e sempre su approvazione della Direzione Lavori.

b) Ispezioni e collaudi

Durante il corso del lavoro e prima del trasporto del materiale in cantiere, gli elementi della fornitura saranno ispezionati dalla Direzione Lavori che accerterà:

- la rispondenza dei materiali come caratteristiche meccaniche e chimiche; la rispondenza dimensionale dei singoli materiali usati;
- la rispondenza dimensionale della struttura nel suo insieme;
- l'idoneità dei saldatori addetti al lavoro mediante le prove di qualificazione;
- la corretta esecuzione delle connessioni (saldate e/o bullonate); il grado di preassiematura;
- la corretta esecuzione della preparazione superficiale; la corretta esecuzione della marcatura dei pezzi,
- la corretta esecuzione dell'imballaggio e della preparazione alla spedizione.

I singoli controlli avverranno sulla falsariga di quanto riportato nei paragrafi seguenti.

b.1) Controlli Sui Materiali

I materiali, dopo che siano stati approvvigionati e prima di qualsiasi lavorazione, saranno sottoposti a ispezione presso lo stabilimento: l'ispezione sarà effettuata, a seguito di segnalazione dell'Appaltatore dell'avvenuto arrivo del materiale, dalla Direzione Lavori il quale farà sui materiali gli accertamenti atti a stabilire l'idoneità dei materiali stessi; esaminerà i certificati di prova esibiti dall'Appaltatore e potrà richiedere eventuali prove supplementari che ritenesse necessarie; tali ulteriori prove saranno a carico dell'Appaltatore.

b.2) Controlli Dimensionali sui Singoli Pezzi

L'ispettore farà un controllo sul 5% dei pezzi di ogni lotto presentato al collaudo; in caso di riscontro di errori, tale percentuale sarà incrementata nel modo seguente:

- 10% in caso di 1 errore
- 20% in caso di 2 errori
- 40% in caso di 3 errori
- 80% in caso di 4 errori

Le spese di tali controlli saranno a carico dell'Appaltatore compresi tutti i costi relativi alle attività di ispezione e controllo della Direzione Lavori.

b.3) Controlli Dimensionali d'Insieme

Saranno eseguite prove di montaggio in bianco per interi complessi strutturali o parte di essi.

b.4) Altri Controlli

Nel corso delle visite la Direzione Lavori potrà eseguire controlli visivi sulla qualità della fabbricazione e dell'esecuzione delle connessioni: in particolare verrà controllata la corretta esecuzione delle sagomature e delle forature, delle saldature, della preparazione superficiale, delle marcature.

Le saldature potranno essere sottoposte a controlli non distruttivi per verificarne l'idoneità.

4.19.5 Lavori di montaggio

Le prescrizioni tecniche, indicate nella presente specifica, non manleveranno l'Appaltatore dalle responsabilità e conseguenze derivategli dalla esecuzione delle opere a lui affidate.

Per quanto riguarda le opere vive da eseguire in cantiere per predisporre le attrezzature di sollevamento, l'Appaltatore fornirà alla Direzione Lavori la lista dettagliata delle attrezzature principali, quali grosse gru mobili, gru fisse e scorrevoli, argani, falconi o derrick e simili.

Per quanto concerne l'impiego delle gru semoventi (autocarrate e a cingoli) l'Appaltatore indicherà i percorsi e le aree operative previste per questi mezzi.

La Direzione Lavori e la Committente non potranno essere ritenute responsabili per danni derivati all'Appaltatore e/o da questi procurati ad altri, nel caso che le condizioni del terreno non siano state tenute in conto prima di eseguire il lavoro.

Per quanto concerne l'impiego di falconi e/o derrick e dei relativi argani, l'Appaltatore sottoporrà all'esame e all'approvazione della Direzione Lavori uno studio dettagliato della sistemazione di dette attrezzature nell'area dell'impianto e indicherà le manovre previste per il sollevamento delle apparecchiature facenti parte dell'impianto. L'Appaltatore indicherà dettagliatamente la posizione degli stralli (venti) di sostegno dei falconi e dei derrick, gli sforzi sulle funi degli stralli (venti) e su quelle di tiro nonché le dimensioni, le posizioni, i momenti e le spinte gravanti sulle fondazioni dei falconi e degli argani.

Indicherà pure le dimensioni e i pesi dei corpi morti d'ancoraggio degli stralli (venti).

Saranno a totale carico dell'Appaltatore tutte le spese di trasporto in opera e d'installazione di dette attrezzature, nonché le spese per lo smontaggio e trasporto a fine lavori, ivi comprese le spese per l'esecuzione delle fondazioni necessarie e la loro demolizione e/o rimozione a fine lavori.

L'approvazione della Direzione Lavori dei progetti relativi all'installazione dei falconi non solleverà l'Appaltatore da alcuna responsabilità nel caso si verificassero incidenti e pertanto le spese per risarcimento

di danni procurati dalle sue attrezzature ad opere, esistenti all'atto dell'incidente, saranno a totale carico dell'Appaltatore.

Prima di iniziare la manovra di sollevamento, l'Appaltatore dovrà eseguire le seguenti verifiche e lavori preparatori:

- controllare gli assi e l'elevazione della fondazione sulla quale si dovrà montare la struttura.
- verificare che i bulloni di fondazione siano stati correttamente montati, per quanto riguarda il posizionamento, il numero, il cerchio bulloni, il diametro dei bulloni e la sporgenza dalla fondazione, la lunghezza delle filettature e la buona scorrevolezza delle rondelle e dei dadi di bloccaggio;
- provvedere ad una buona lubrificazione delle filettature dei bulloni e dei dadi;
- verificare che la quota d'elevazione misurata sulla piastra di ancoraggio sia corretta;
- verificare che tutte le parti dell'attrezzatura di sollevamento siano in ottima efficienza e che tutto sia predisposto in modo che la manovra venga completata nel più breve tempo possibile e, comunque, nella giornata di inizio della stessa.

Montaggio di strutture metalliche

Durante l'installazione dei diversi pezzi e/o elementi prefabbricati delle strutture metalliche si dovrà fare attenzione alla verticalità delle colonne di sostegno, all'elevazione del piano di posa ed alla posizione in pianta, a evitare possibili ma necessarie demolizioni che potrebbero rendersi necessarie in seguito, per compensare o rimediare ad errori d'installazioni non accettabili.

Nei disegni di montaggio a carico dell'Appaltatore dovrà essere specificato se i giunti tra le travi sono del tipo bullonato, saldato o misto.

Nel caso si dovessero impiegare saldatori elettrici, prima di iniziare i lavori tutti i saldatori dovranno aver superato gli esempi di qualifica previsti per i saldatori di Imlliere.

Evitare nei limiti del possibile l'esecuzione in quota di collegamenti saldati testa a testa e comunque l'esecuzione di saldature in posizione sopra testa.

I piani delle piattaforme, siano essi realizzati con lamiera che con grigliato, dovranno avere attorno a tutte le aperture una lamiera parapiede. Detta lamiera sarà saldata sulla lamiera o sul grigliato delle piattaforme.

Le lamiere salvapiede potranno essere fornite all'Appaltatore sotto forma di ferri piatti commerciali legati in fasci.

Sarà cura dell'Appaltatore eseguire le misurazioni, i tagli e le installazioni, in accordo a quanto richiesto sui disegni di montaggio.

L'Appaltatore installerà pure le scale (inclinate e/o alla marinara) i mancorrenti, gli scalini, le monorotaie nonché la copertura e la tamponatura realizzate con lamiere metalliche e, comunque, tutto quanto necessario per rendere le strutture funzionali e complete.

L'Appaltatore provvederà alla riparazione dei danni, provocati durante il trasporto, ai materiali prefabbricati da lui forniti.

Montaggio di scale e passerelle

Le scale e passerelle saranno fornite prefabbricate e, per quanto compatibile con i mezzi di trasporto, saranno assiate a meno dei mancorrenti, guardacorpo, grigliati e profilati di rinforzo.

In accordo con quanto previsto dagli elaborati per il coordinamento della sicurezza in fase di cantiere e le relative schede tecniche (rif. Cartella 8), l'Appaltatore dovrà porre in opera tutte le strutture provvisorie previste per assicurare la sicurezza degli operatori (L. 494/96). Le strutture provvisorie potranno essere realizzate in acciaio S235JR.

Modalità esecutive per le unioni bullonate

Tutte le giunzioni delle strutture metalliche, oggetto della presente specifica, saranno di due tipi:

- unioni ad attrito
- unioni per contatto

E' vietato l'uso della fiamma per l'esecuzione di fori per chiodi e bulloni.

I pezzi destinati ad essere chiodati o bullonati in opera dovranno essere marcati in modo da poter riprodurre nel montaggio definitivo le posizioni stesse che avevano in officina all'atto dell'alesatura dei fori.

Non sono ammesse al montaggio in opera eccentricità, relative a fori corrispondenti, maggiori del giuoco foro-bullone. Entro tale limite è opportuna la regolarizzazione del foro con utensile adatto.

L'uso delle spine d'acciaio è ammesso, in corso di montaggio, esclusivamente per richiamare i pezzi nella giusta posizione.

Il serraggio dei bulloni potrà esser fatto mediante chiavi dinamo metriche a mano, come specificato al punto seguente.

I bulloni potranno essere serrati con chiave a mano e a percussione fino a quando saranno poste a contatto le lamiere interposte fra testa e dado. Si darà poi una rotazione al dado compresa fra 90° e 120° con tolleranze di 60° in più.

Le superfici di contatto al montaggio si dovranno presentare pulite, prive cioè di olio, vernice, scaglie di laminazione, macchie di grasso.

Di regola la pulitura dovrà essere eseguita con sabbatura; è ammessa la semplice spazzolatura delle superfici a contatto per giunzioni montate in opera.

Le giunzioni calcolate con ≈ 0.45 micron dovranno essere sabbiate a metallo bianco.

Nei giunti flangiati dovranno essere particolarmente curate la planarità ed il parallelismo delle superfici di contatto.

Per il serraggio dei bulloni si dovranno usare chiavi dinamometriche a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata, o chiavi pneumatiche con limitatore della coppia applicata; tutte peraltro dovranno essere tali da garantire una precisione non minore di $\pm 5\%$.

Durante il serraggio è opportuno procedere come segue:

- a) Serrare i bulloni, con una coppia pari a circa il 60% della coppia prescritta, iniziando dai bulloni più interni del giunto e procedendo verso quelli più esterni;
- b) Ripetere l'operazione, come più sopra descritto, serrando completamente i bulloni.

Per verificare l'efficienza dei giunti serrati, il controllo della coppia torcente applicata può essere effettuando in uno dei seguenti modi:

- a) si misura con chiave dinamometrica la coppia richiesta per far ruotare ulteriormente di 10° il dado;
- b) dopo aver marcato il dado e bullone per identificare la loro posizione relativa, il dado dovrà essere prima allentato con una rotazione almeno pari a 60° e poi riserrato, controllando se l'applicazione della coppia prescritta riporta il dado nella posizione originale.

Se in un giunto anche un solo bullone non risponde alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i bulloni dovranno essere controllati.

Di regola il montaggio in opera dovrà essere effettuato con l'ausilio di bulloni provvisori. I dadi dei bulloni definitivi dovranno essere serrati a fondo.

Quando le superfici comprendenti lo spessore da bullonare per una giunzione di forza non abbiano giacitura ortogonale agli assi dei fori, i bulloni devono essere piazzati con interposte rosette cuneiformi, tali da garantire un assetto corretto della testa e del dato e da consentire un serraggio normale.

I giunti ad attrito dovranno essere accuratamente protetti non appena completato il serraggio definitivo, verniciando i bordi dei pezzi a contatto, le rosette, la testa e il dado del bullone, in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del giunto.

4.19.6 Prove, qualifiche e collaudi

1) Prove e Qualifiche

Tutti i saldatori ed i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati e le prove saranno fatte in accordo con quanto richiesto dalle norme UNI 4634r

Gli elettrodi, che l'Appaltatore intende impiegare nei diversi lavori, dovranno essere sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori, che potrà richiederne la qualificazione o quanto meno richiederà il bollettino degli esami tecnologici e chimici a cui quella partita di elettrodi è stata sottoposta.

2) Collaudi

Il collaudo delle strutture metalliche e delle piattaforme e scale, consisterà in:

- controllo dimensionale della costruzione verifica della qualità delle saldature
- controllo della verticalità ed allineamento delle colonne montanti
- controlli richiesti dalle autorità competenti in forza delle leggi vigenti relative alle strutture metalliche.

4.20 Micropali per paratia "Berlinese"

Il sostegno provvisorio delle pareti di scavo dei pozzi di servizio per gli scavi in galleria utili alla realizzazione del sifone ed il sostegno provvisorio della parete di scavo a ridosso della galleria artificiale a protezione della tubatura del gas sarà eseguito con paratie in micropali secondo quanto riportato negli appositi elaborati di progetto. Si veda la sezione n° 7 del presente Capitolato.

5 CONTROLLI DI QUALITA'

5.1 Generalità

L'Appaltatore dovrà redigere - e sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori almeno 30 giorni prima del previsto inizio della lavorazione - il documento; "PIANO DI QUALITA' DI COSTRUZIONE E INSTALLAZIONE – SOTTOSERVIZI E FOGNATURE"

Il piano di qualità di costruzione e installazione (PQCI) sarà redatto sulla base dell'indice generale e relativi contenuti indicati nell' ALLEGATO 1 al presente Capitolato – Parte B.

Le prove ed i controlli sono a carico dell'Appaltatore e saranno eseguiti in conformità al PROGRAMMA DELLE PROVE E DEI CONTROLLI contenuto nel PQCI.

Di seguito si forniscono le norme tecniche di base che l'Appaltatore dovrà osservare nella esecuzione dei controlli del proprio operato; l'Appaltatore resta comunque responsabile della qualità del prodotto finale che sarà accettato solo ove rispondente ai criteri di seguito enunciati.

5.2 Qualità dei materiali e relative prove

I materiali da impiegare per i lavori di cui all'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia ed a quanto prescritto nel seguito; in mancanza di particolari prescrizioni, dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio.

I materiali proverranno da località o fabbriche che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché corrispondano ai requisiti di cui sopra; in ogni caso prima della posa in opera dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

Quando la Direzione dei Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Appaltatore. Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

L'Appaltatore sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese per il prelievo, la formazione e l'invio di campioni nonché per le corrispondenti prove ed esami. I campioni verranno prelevati in contraddittorio e degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla Direzione dei Lavori, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Appaltatore nei modi più adatti a garantirne le autenticità e la conservazione.

Le diverse prove ed esami sui campioni verranno effettuate presso Laboratori Ufficiali o comunque graditi alla Direzione Lavori ed alla stazione appaltante. I risultati ottenuti in tali laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti e ad essi esclusivamente si farà riferimento a tutti gli effetti del presente appalto.

Con riferimento a quanto sopra stabilito i materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti nel seguito fissati. La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro, o tra diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta di volta in volta, in base a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori, la quale, per i materiali da acquistare, dovrà avere la dimostrazione che provengano da produttori di provata capacità e serietà.

5.3 Acqua

Si veda quanto previsto nella Sezione 6 "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato – Parte B.

5.4 Leganti idraulici - calce aeree - pozzolane

Si veda quanto previsto nella Sezione 6 "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato - Parte B.

5.5 Ghiaia, ghiaietti, pietrisco e sabbie

Si veda quanto previsto nella Sezione 6 "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato - Parte B.

5.6 Materiali ferrosi

Saranno esenti da scorie, soffiature, saldature e da qualsiasi altro difetto; dovranno soddisfare a tutte le condizioni previste dal D.M. 17/1/18 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" pubblicato sulla G.U. del 20/2/18, (NTC18) e per essi dovranno essere presentati alla Direzione Lavori i certificati di provenienza e delle prove effettuate presso le ferriere e fonderie fornitrici.

Gli acciai per strutture metalliche dovranno rispettare le prescrizioni del citato D.M. 17/1/18 e successive integrazioni:

- il lamierino di ferro per formazione di guaine dovrà essere del tipo laminato a freddo, di qualità extra-dolce e avrà spessore 2/10 di mm.;
- i profilati sagomati a freddo per la costruzione delle parti di parapetti saranno di acciaio S275JR mentre quelli per la costruzione di paletti per recinzioni saranno di S235JR;
- le reti e le lamiere striate per recinzione saranno in acciaio conforme alle Tabelle U.N.I. 3598 - Ed. 1954 e modifiche successive;
- acciaio fuso in getti: l'acciaio in getti per cerniere, apparecchi d'appoggio fissi o mobili, dovrà essere del tipo prescritto all'articolo relativo ai lavori in ferro e speciale esente da soffiature e da qualsiasi altro difetto;
- ghisa: la ghisa dovrà essere di prima qualità a seconda fusione, dolce, tenace, leggermente malleabile, facilmente lavorabile con la lima e con lo scalpello; di frattura grigia, finemente granosa e perfettamente omogenea, esente da screpolature, vene, bolle, sbavature, asperità, ed altri difetti capaci di menomare la resistenza. Dovrà essere inoltre perfettamente modellata. È assolutamente escluso l'impiego di ghisa fosforosa.

5.7 Tubazioni e protezioni

5.7.1 Protezione interna dei condotti fognari

Tipi di protezione

Per la protezione interna delle superfici dei condotti fognanti in conglomerato cementizio armato dovrà essere a base di elastomeri epossidici puri, privi di solventi e diluenti reattivi, con l'aggiunta di cariche indurenti. I materiali usati dovranno assicurare in particolare:

- ottimale adesione al supporto;
- elevata resistenza a sostanze o soluzioni acquose chimicamente aggressive;
- resistenza all'abrasione meccanica;
- resistenza alle contropressioni d'acqua.

Di ogni componente e della miscela finale da applicare dovranno essere specificate con idonei certificati tutte le caratteristiche fisico-chimiche meccaniche atte a confermare l'effettivo impiego per rivestire e proteggere canalizzazioni di fognatura in conglomerato cementizio armato in particolare dovranno essere evidenziate le caratteristiche, confermate da prove di laboratorio, della miscela da applicare con riferimento alle seguenti prove:

- abrasione,
- strappo,
- distacco per trazione,
- sottopressione,
- imbutitura.

Applicazione del prodotto

Stante che l'applicazione dovrà avvenire obbligatoriamente presso la fabbrica di produzione delle condotte per le modalità inerenti si dovrà procedere come di seguito:

- il calcestruzzo, prima dell'applicazione del rivestimento, dovrà avere una stagionatura non inferiore ad un mese e potrà presentare umido, ma non bagnato; la superficie dei residui di boiaccia ed in definitiva, di tutto ciò che possa determinare una "falsa
- lo spessore minimo che dovrà essere garantito ed uniforme sulle pareti dei manufatti non dovrà essere inferiore ai 300 micron;
- l'applicazione del ciclo sopradescritto, così come la preparazione del supporto, dovrà interessare tutta la superficie interna dei manufatti, ivi compresa la volta; il sistema venissero impiegate apparecchiature adeguate allo spruzzo dei componenti da contenitori separati e con miscelazione in testa, queste dovranno essere tassativamente provviste di controllo automatico dei rapporti stechiometrici.

Il rivestimento epossidico sarà senza catrame nè bitumi.

Tenuto conto della sistemazione ambientale e della condensa che potrà formarsi sulle pareti del manufatto dopo l'applicazione della mano di fondo, il rivestimento epossidico dovrà avere la capacità di aderire anche sul fondo umido a partire da 5°C e con umidità sino a 90%. La resistenza all'usura dovrà essere eseguita secondo le norme ASTM D068-71.

I provini, dopo immersioni di 30 giorni a 25°C nei prodotti elencati dalle norme (acido cloridrico, solforico, nitrico, acetico, fosforico, etc.), non dovranno presentare corrosioni, bolle e distacchi, non dovranno dimostrare perdite di durezza nè di adesione dopo essere stati estratti, lavati e mantenuti per 24 ore all'aria. E' ammessa una variazione di colore nella parte immersa e una leggera perdita di brillantezza.

Per misurare la resistenza alla spinta d'acqua in contropressione, il rivestimento verrà applicato su una fascia dei provini (diam. 100 mm h = 60 mm di impasto abbastanza magro) avendo cura che gli stessi siano saturi d'acqua durante l'applicazione del rivestimento stesso.

Dopo 7 giorni dall'applicazione, avendo mantenuto i cilindri immersi in acqua si sottopongono gli stessi a pressioni d'acqua crescenti sino a 2,5 atm. ogni 24 ore.

Dopo 24 ore a 2,5 atm. non dovrà manifestarsi alcun passaggio d'acqua attraverso il rivestimento. Il rivestimento dopo estrazione ed asciugatura dovrà dimostrarsi perfettamente aderente.

5.7.2 Tubazioni in PVC

Le tubazioni in PVC rigido dovranno essere conformi alle seguenti norme UNI:

- UNI 7447/75: tubi di PVC rigido (non plastificato) per condotte di scarico interrate. Tipi, dimensioni e caratteristiche.
- UNI 7448/75: tubi di PVC rigido (non plastificato). Metodi di prova generali.
- UNI 7444/75: raccordi di PVC rigido (non plastificato) per condotte di scarico di fluidi. Tipi, Dimensioni e caratteristiche (limitata al D 200).
- UNI 7449/75: raccordi di PVC rigido (non plastificato).
- Metodi di prova generali

I tubi, i raccordi, e gli accessori in PVC dovranno essere contrassegnati con il marchio di conformità IIP di proprietà dell'Ente Nazionale Italiano dei Plastici, giuridicamente riconosciuto con DPR n. 120 dell'1.2.1975 e quando non rispondano a marchio IIP dovranno essere obbligatoriamente sottoposti ai vari collaudi.

Dimensioni e pesi dei tubi previsti dalla norma UNI 7447-75 (tipo 303/1).

Diametro esterno (D) mm	Tipo 303 sp. mm	Pesi medi kg/m
125	2,5	1,90
160	3,2	2,92

200	4,0	4,60
250	4,9	7,16
315	6,2	11,22
400	7,9	18,07

5.7.3 Tubazioni in PEa.d. PE100

Le tubazioni in Polietilene ad Alta Densità PE 100 dovranno essere conformi alle norme UNI 12201 ed ISO 4427, colore nero con strisce blu coestruse longitudinali, segnato ogni metro con sigla produttore, data di produzione, marchio e numero distintivo IIP o equivalente, diametro del tubo, pressione nominale, norma di riferimento; prodotto da azienda certificata ISO 9001.

5.7.4 Tubazioni in PEa.d. strutturato di tipo corrugato

Tubo strutturato in polietilene ad alta densità coestruso a doppia parete, liscia internamente di colore grigio e corrugata esternamente di colore nero, per condotte di scarico interrate non in pressione, prodotto in conformità alla norma EN 13476 tipo B, certificato dal marchio PIIP rilasciato dall'Istituto Italiano dei Plastici, con classe di rigidità pari SN 8 kN/m², in barre da 6 (o 12) m, con giunzione mediante manicotto in PEAD ad innesto a marchio PIIP, guarnizione a labbro in EPDM. Il tubo deve essere prodotto da azienda certificata ISO 9001.

5.7.5 Tubazioni in acciaio

Dovranno essere conformi a quanto indicato nel D.M. 17/1/18.

L'Appaltatore è tenuto a comunicare alla Direzione Lavori, prima che si dia corso alla fornitura, il nominativo delle ditte presso le quali intende approvvigionarsi, nonché le caratteristiche meccaniche, geometriche e ponderali dei prodotti.

Le tubazioni fornite dovranno adeguarsi alle caratteristiche previste dalle norme UNI 6363/84 ed in particolare uniformarsi alle caratteristiche metallurgiche, dimensionali, di massa e di tolleranza, di fornitura, di controllo, e collaudo in esse previste.

Potranno essere del tipo elettrosaldato e, a seconda delle prescrizioni, con giunto a bicchiere sferico o cilindrico.

I tubi saranno bitumati o catramati, rivestiti internamente con resina epossidica di tipo alimentare o con analogo verniciatura a smalto.

Potranno essere impiegate tubazioni in acciaio prodotte secondo altre norme (quali ASTM, API, DIN, ecc.) ma, a corredo delle specifiche tecniche, dovrà essere redatto dall'Appaltatore esecutrice un documento contenente le verifiche strutturali delle tubazioni nelle condizioni di funzionamento ordinarie e straordinarie.

5.7.5.1 Tolleranze

1.1 Tolleranze sul diametro esterno

I diametri esterni dei tubi dovranno essere compresi entro i seguenti limiti di tolleranza: $\pm 1,0\%$ con un minimo di $\pm 0,5$ mm (per tubi senza saldatura con $DN \geq 700$ è ammessa una tolleranza di $\pm 1.5\%$).

1.2 Tolleranze sullo spessore

Gli spessori dei tubi dovranno essere compresi entro i seguenti limiti di tolleranza:

a) tubi senza saldatura:

+ non specificato (delimitato dalla tolleranza sul peso)

12,5% (-15%): il valore indicato tra parentesi sarà ammesso solamente in singole zone, per lunghezze non maggiori del doppio del diametro esterno del tubo e comunque non maggiori di 300 mm;

b) tubi ben saldati:

+ non specificato (delimitato dalla tolleranza sul peso)

10,0%.

1.3 Tolleranze sul peso

I pesi dei tubi dovranno essere compresi entro i seguenti limiti di tolleranza:

sul singolo tubo $\pm 10\%$

su partite di almeno 10 tubi $\pm 7,5\%$

5.7.5.2 Tipi di acciaio

I tubi della presente prescrizione devono presentare le caratteristiche indicate di seguito:

Acciaio TIPO S355

Prove di trazione:

carico unitario di rottura	N/mm ²	≥ 510
carico unitario di snervamento min	N/mm ²	355
allungamento	min %	20

Analisi chimica di colata:

C max %	0,20
P max %	0,025
S max %	0,025

Acciaio AISI 304

Prove di trazione:

carico unitario di rottura	N/mm ²	± 520
carico unitario di snervamento min	N/mm ²	210
allungamento	min %	15

Analisi chimica di colata:

C max %	0,080
P max %	0,045
S max %	0,030

Nell'analisi sul prodotto saranno ammessi, rispetto ai massimi consentiti sull'analisi di colata, i seguenti scostamenti $+0.03\%/1'$ per il carbonio $+0.005\%$ per il fosforo e per lo zolfo; l'analisi su prodotto può essere richiesta dalla Direzione Lavori e sarà eseguita con le modalità previste dalle specifiche norme UNI.

5.7.6 Tubi di calcestruzzo armato e non armato

5.7.6.1 Generalità

Le tubazioni prefabbricate di calcestruzzo armato (e non) possono essere impiegate nella realizzazione di acquedotti, fognature per acque meteoriche e collettori fognari misti di diametro medio-grande (maggiore di DN600).

Le condotte vengono generalmente fabbricate con lunghezze da 2 a 6 m con spessori dipendenti dai carichi esterni, quali rinterro e carichi accidentali.

Le tubazioni devono essere prodotte e controllate, nelle varie fasi della produzione, da Aziende in possesso di certificazione di Sistema Qualità Aziendale **UNI EN ISO 9001**, certificato di ICMQ e certificazione di prodotto secondo la norma UNI EN ISO 9000, le quali devono allegare, durante tutto il corso della fornitura, la documentazione di fabbrica inerente i controlli dimensionali, le prove distruttive e le prove di tenuta idraulica eseguite sulla fornitura stessa.

L'Appaltatore è tenuto a comunicare alla Direzione Lavori, prima che si dia corso alla fornitura, il nominativo delle ditte presso le quali intende approvvigionarsi.

5.7.6.2 Requisiti

Non sono considerati armati i tubi con percentuale di armatura trasversale (rapporto tra la sezione specifica di armatura trasversale e l'area specifica della sezione di calcestruzzo), con tondini ad aderenza migliorata, minore di $0,25\%$.

La resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo non deve essere inferiore a 45 MPa (450 Kg/cm²).

I tubi di calcestruzzo, a sezione interna circolare, possono essere con o senza piede d'appoggio.

Le condotte gettate in opera devono possedere nella parte inferiore della sezione una forma tale da consentire, anche con piccole portate, velocità sufficiente per impedire, per quanto possibile, la sedimentazione della sabbia.

5.7.6.3 Classificazione dei tubi

A) Tubi in calcestruzzo non armato per fognature

La norma UNI 9534 classifica i tubi di calcestruzzo non armato in tre classi ciascuna caratterizzata dalla resistenza minima alla rottura di schiacciamento: 1 classe (60 KN/m²), 2 classe (100 KN/m²), 3 classe (150 KN/m²). Il carico minimo di rottura per unità di lunghezza (KN/m) è dato dal prodotto della resistenza minima di rottura (KN/m²) per il diametro nominale interno DN espresso in m, in particolare si applicherà il prospetto 1 – Resistenza minima a rottura dei tubi – della UNI 9534. Per lo spessore nominale (SN), espresso in mm, si farà riferimento al prospetto II della citata norma UNI.

I diametri nominali, previsti dalla norma e coincidenti con quelli interni sono: 300, 400, 500, 600, 700, 800, (900), 1000, (1100), 1200, (1300), 1400, 1500, i valori indicati fra parentesi erano ammessi fino 31 dicembre 1992.

B) Tubi in pressione per acquedotti e fognature

La norma UNI EN 639 prevede i seguenti diametri nominali tipo (DN/ID): 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1250, 1300, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000, 2100, 2200, 2400, 2500, 2600, 2800, 3000, 3200, 3500, 4000.

Le tolleranze sui diametri interni di progetto sono quelle indicate al prospetto 2 della UNI EN 639.

Sulla lunghezza di progetto, dichiarata dal produttore, è ammessa una tolleranza di ± 10 mm per gli elementi dritti e di ± 20 mm per tutti gli altri. Per la rettilineità del tubo e uniformità della superficie si rimanda al punto 6.1.4 della UNI EN 639.

Lo spessore delle pareti del tubo, dichiarato dal produttore, non deve essere inferiore allo spessore di progetto con le specifiche del punto 6.1.6 della UNI EN 639.

5.7.6.4 Composizione del calcestruzzo

A) Tubi in calcestruzzo non armato per fognature

Il calcestruzzo per tubi non armati per fognature, secondo la UNI 9534, deve essere confezionato con dosaggio di cemento non inferiore a 300 kg/m³; rapporto a/c non superiore a 0,5; resistenza a compressione, a 28 giorni di maturazione determinata su provini cubici, non inferiore a 40 N/mm².

B) Tubi in pressione di calcestruzzo armato e tubi in pressione di calcestruzzo con armatura diffusa, del tipo con cilindro e senza

La UNI EN 639 si limita ad indicare la resistenza a compressione, a 28 giorni di maturazione determinata su provini cubici, secondo le UNI vigenti, che deve essere non inferiore a 35 N/mm². Il contenuto max di cloruri nel calcestruzzo, espresso in percentuale di peso del cemento, deve essere di 0,4% per i tubi in calcestruzzo armato e di 0,2% per i tubi in c.a.p.

In base alle caratteristiche del terreno di posa, la direzione dei lavori, qualora non previsto dal progetto esecutivo, può ordinare per il confezionamento dei tubi in pressione di calcestruzzo l'uso di cemento resistente ai solfati o all'acqua di mare, od altri accorgimenti necessari, in generale si farà riferimento al punto 4 della UNI EN 639.

La UNI EN 639 deve essere sempre combinata con una delle seguenti norme: UNI EN 640, UNI EN 641 e UNI EN 642, con qualsiasi altra norma supplementare.

B1) Tipo senza cilindro

Il calcestruzzo per tubi armati, senza cilindro secondo la UNI EN 640 deve essere confezionato con dosaggio di cemento non inferiore a 300 kg/m³; rapporto a/c non superiore a 0,45; resistenza a compressione, a 28 giorni di maturazione determinata su provini cubici, secondo le UNI vigenti, non inferiore a 35 N/mm². Per i tubi armati con DRP è richiesto un dosaggio non inferiore a 500 kg/m³ e rapporto a/c non superiore a 0,40.

Per i materiali si rimanda al punto 5 della UNI EN 639. In particolare, con riferimento al punto 2 della UNI EN 640 le dimensioni massime degli aggregati non devono superare 1/3 del spessore del tubo ed in generale non superiore a 32 mm.

B2) Tipo con cilindro

Il calcestruzzo per tubi armati, senza cilindro secondo la UNI EN 641 e deve essere confezionato con dosaggio di cemento non inferiore a 300 kg/m³; rapporto a/c non superiore a 0,45; resistenza a compressione, a 28 giorni di maturazione determinata su provini cubici, secondo le UNI vigenti, non inferiore a 35 N/mm².

La UNI EN 641 prevede per i tubi di diametro inferiore a 1000 DN/ID è ammesso un rapporto a/c di 0,5, con contenuto minimo di cemento non inferiore a 300 kg/m³.

Per i materiali si rimanda al punto 5 della UNI EN 639. In particolare, con riferimento al punto 2 della UNI EN 641 le dimensioni massime degli aggregati non devono superare 1/3 dello spessore della parete di calcestruzzo e su entrambi i lati del cilindro d'acciaio.

C) Tubi in pressione in c.a.p.

Il calcestruzzo per tubi in c.a.p., senza cilindro secondo la UNI EN 642 deve essere confezionato con dosaggio di cemento non inferiore a 350 kg/m³; rapporto a/c non superiore a 0,45; resistenza a compressione, a 28 giorni di maturazione determinata su provini cubici, secondo le UNI vigenti, non inferiore a 35 N/mm².

La UNI EN 642 prevede per i tubi nucleo del tipo con cilindro in acciai di diametro inferiore a 1000 DN/ID è ammesso un rapporto a/c di 0,5, con contenuto minimo di cemento non inferiore a 385 kg/m³.

Per i materiali si rimanda al punto 5 della UNI EN 639. In particolare, le dimensioni massime degli aggregati non devono superare la minore delle dimensioni previste al punto 2 della UNI EN 642.

5.7.6.5 Accettazione e marcatura

Ogni elemento della condotta in calcestruzzo armato e non deve essere dotato di marcatura.

La marcatura deve essere di tipo indelebile ed apposta in modo chiaramente visibile tale da consentire l'identificazione certa degli elementi.

La marcatura dei componenti, con riferimento al punto 8 della UNI EN 639, dovrà contenere le seguenti informazioni:

- numero della norma EN;
- produttore e dell'impianto di produzione;
- data di produzione espressa in giorno progressivo solare ed anno;
- tipo di tubo con la dicitura relativa al diametro in mm, alla lunghezza in mm;
- classe di resistenza;
- classe di riferimento;
- eventuale certificazione rilasciata da terzi;
- identificazione dell'uso speciale;
- tipologia: U = calcestruzzo non armato, A = calcestruzzo armato con tondini, F = calcestruzzo armato con fibre d'acciaio;
- indicazioni particolari per consentire la corretta posa in opera del tubo lungo la condotta;
- identificazione dell'angolo obliquo e del lato corto per i tubi angolati.

5.7.6.6 Rivestimento

Allo scopo di migliorare la resistenza all'abrasione ed all'aggressione chimica delle acque reflue, la superficie interna viene rivestita con vernici epossibituminose o epossicatramose, inoltre le tubazioni di calcestruzzo armato possono essere rivestite internamente in vetroresina o in resina poliuretanica dello spessore medio-nominale di 6 mm.

Il rivestimento interno di ogni singolo tubo ed il rivestimento delle due parti dell'incastro (giunto maschio e giunto femmina), dovrà essere eseguito per iniezione ad una pressione non inferiore a 130 bar in soluzione unica.

Tutto il rivestimento poliuretano all'interno dovrà essere, al tatto e visivamente, perfettamente liscio senza ondulazioni od asperità di alcun genere, e dovrà garantire il passaggio di liquidi fino ad una temperatura di 80°C.

La resina utilizzata dovrà garantire una durezza standard del rivestimento pari a 70 +/- 10 Shore D.

Il rivestimento del tubo di calcestruzzo avviene come di seguito indicato mediante:

- uno strato di vernice bituminosa applicata a freddo (primer);
- uno strato di mastice bituminoso applicato a caldo di spessore non inferiore a 2,5 mm;
- una fasciatura continua di tessuto reticolare di vetro;
- uno strato, di spessore non inferiore a 2,5 mm, di mastice bituminoso a caldo che incorpora completamente il tessuto di vetro.

5.7.6.7 Anello elastomerico

Gli anelli di guarnizione possono classificarsi in due categorie:

- a rotolamento, per i quali la sezione della guarnizione durante l'operazione di giunzione dei tubi si sposta rotolando su stessa fino ad attestarsi nella sua posizione definitiva; questo tipo di guarnizione non va assolutamente lubrificato;
- a strisciamento, per i quali la guarnizione è mantenuta in posizione fissa (ad esempio collocata in una scanalatura praticata nell'incastro maschio dei tubi) e durante la fase di giunzione striscia contro la superficie contrapposta.

La tenuta idraulica è garantita da una guarnizione toroidale di materiale elastico sintetico.

Gli anelli di guarnizione saranno forniti dal produttore dei tubi insieme alle prescrizioni per il loro montaggio e le indicazioni relative al lubrificante da utilizzare.

La conservazione degli anelli e dei lubrificanti deve prevedersi in luogo protetto e relativamente fresco, facendo attenzione a non esporre le stesse alle intemperie ed all'irradiazione solare diretta.

La durezza se determinata con il metodo della micro-prova specificato nella ISO 48, deve essere conforme ai requisiti indicati nei prospetti 2 e 3 previsti dalla norma UNI EN 681-1:

- prospetto 2 – (Requisiti delle proprietà fisiche per i materiali utilizzati nei sistemi per il convogliamento di acqua fredda, acque di scarico, fognarie e di acqua piovana);
- prospetto 3 – (Requisiti delle proprietà fisiche per i materiali utilizzati nei sistemi di convogliamento continuo di acqua calda fino a 110°C).

- *Designazione e marcatura degli elementi di tenuta*

Gli elementi di tenuta in elastomero per tubazioni devono essere designati in funzione dell'applicazione prevista come descritto nel prospetto 4 della **UNI EN 681-1**:

- a) descrizione;
- b) numero di norma europea;
- c) dimensione nominale;
- d) tipo di applicazione in base prospetto 4 della **UNI EN 681-1**;
- e) tipo di gomma;
- f) nome del giunto.

La marcatura degli elementi eseguita in modo chiaro e durevole dovrà riportare:

- a) la dimensione nominale;
- b) l'identificazione del produttore;
- c) il numero della norma **UNI EN 681-1** con il tipo di applicazione e la classe di durezza come suffisso;
- d) il marchio di certificazione rilasciato da un organismo di controllo;
- e) il trimestre e l'anno di fabbricazione;
- f) la resistenza a basse temperature;
- g) la resistenza all'olio;
- h) l'indicazione abbreviata della gomma.

5.7.6.8 Giunti

Per la giunzione dei tubi la spinta da applicare al tubo in senso assiale deve essere tale da vincere le forze d'attrito del tubo sul terreno e la resistenza allo schiacciamento della guarnizione. La spinta dovrà essere applicata in modo graduale ed uniforme; non è ammesso l'utilizzo di macchine non idonee (ad es. escavatori, pali caricatrici, ecc.) per i danni da urto che potrebbero provocare alla zona d'alloggiamento delle guarnizioni ed al tubo stesso.

La giunzione dei tubi di calcestruzzo può essere realizzata:

– a bicchiere con anello elastomerico di tenuta a maschio e femmina, dove l'estremità femmina presenta un aumento del diametro interno e del diametro esterno per l'inserimento dell'estremità maschio del tubo congiunto mentre il giunto maschio del tubo presenta un incavo sulla superficie esterna adatto ad alloggiare la guarnizione; a manicotto;

– con sistemi di tipo rigido: mediante sigillatura con cemento di classe 425, applicato previa accurata pulizia e bagnatura delle testate dei tubi, dapprima sull'incavo del tubo già in opera e successivamente sul risalto di quello da posare. Quest'ultimo verrà spinto contro il precedente, facendo fluire il legante in eccesso. Devono essere raschiate infine tutte le sbavature, procedendo ad eventuali aggiustamenti e quindi alla stuccatura di finitura con malta plastica dello stesso agglomerante, in modo da formare un anello di guarnizione.

Il giunto per tubi di calcestruzzo non armato per fognature a sezione interna circolare e senza piede d'appoggio, con riferimento al punto 9.5.3 della UNI 9534, deve consentire, senza perdita della tenuta idraulica, uno sfilamento assiale minimo di 15 mm per DN < 600, di 20 mm per 600 < – DN < 1500 e di 30 mm per DN > 1500. L'elastomero deve possedere i requisiti previsti dalla UNI EN 681-1.

I giunti per tubi di calcestruzzo in pressione a sezione interna circolare, devono rispettare le prescrizioni del punto 6.1.7 della UNI EN 639.

I giunti per tubi di calcestruzzo precompresso con cilindro e senza cilindro devono rispettare le prescrizioni dell'appendice B della UNI EN 642.

Il valore massimo di deviazione angolare consentito dal giunto, decrescente al crescere del diametro nominale deve essere dichiarato dal produttore.

La scelta della classe deve dipendere da una verifica statica della condotta nelle reali condizioni di posa in opera, tenuto conto dei carichi agenti e facendo riferimento alla resistenza alla fessurazione.

Il produttore dovrà certificare la sicurezza della tenuta idraulica del giunto.

5.7.6.9 Altre norme di riferimento per tubi in calcestruzzo

UNI 4920 – *Prodotti finiti di elastomeri. Guarnizioni di tenuta ad anello per tubazioni di acquedotti e di scarico. Requisiti e prove.*

UNI 8981 – *Durabilità delle opere e manufatti in calcestruzzo.*

UNI 9858 – *Calcestruzzo, prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità.*

UNI EN 640 – *Tubi in pressione di calcestruzzo armato e tubi in pressione di calcestruzzo con armatura diffusa (del tipo senza cilindro), inclusi giunti e pezzi speciali.*

DIN 4033 – *Canali e tubazioni per le acque di scolo con tubi prefabbricati: Direttive per la costruzione.*

ATV A 127 – *Guideline for the statical analysis of sewage channels and pipelines.*

DIN 4060 – *Prodotti di tenuta a base elastomerica per giunti di tubazioni in canalizzazioni e fognature.*

D.M. 17/1/18 – "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" pubblicato sulla G.U. del 20/2/18, (NTC18)

5.8 Chiusini e coperture

I chiusini dovranno essere in ghisa sferoidale rispondente alle Norme DIN EN 124 classe D DIN 1229, tipo e dimensioni come da disegni di progetto. Qualsiasi variazione dovrà preventivamente essere approvata dalla Direzione Lavori.

Essi saranno muniti di chiavi per il sollevamento della piastra.

Dovranno garantire la portata per carichi dinamici nelle usuali condizioni di carico stradale previste nel D.L. 30.04.92 n°285 (Nuovo Codice della Strada), e dal successivo D.P.R. 16.12.92 n°495 (Regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada).

La Direzione Lavori per il controllo della fornitura procederà ed in contraddittorio con l'Appaltatore a prelevare tutti i campioni che ritenga opportuno per farli sottoporre a prove meccaniche e micrografiche.

I chiusini dovranno risultare privi di irregolarità, di soffiature, incrinature, vaiolature, stuccature, porosità e di qualsiasi altro difetto. L'appaltatore è tenuto a sostituire i pezzi che risultino imperfetti o che subiscano rotture o guasti sia prima che dopo la posa in opera e ciò fino alla data di approvazione del collaudo se trattasi di imperfezioni imputabili alla natura dei chiusini; l'appaltatore sarà di conseguenza responsabile dei danni che deriveranno alla Committente od a terzi nel caso di rottura o di mancata o ritardata sostituzione dei chiusini di cui sopra.

Il suggello di chiusura dovrà aderire perfettamente al telaio, senza dar luogo a spostamenti o movimenti di sorta al passaggio di carichi stradali. Nell'apposito riquadro del suggello e sul telaio dovrà essere impressa visibilmente la ragione sociale della ditta fornitrice, e sul solo suggello la dicitura "Fognatura bianca o Fognatura nera".

Per la fognatura bianca si dovranno adottare chiusini a semplice suggello mentre per la fognatura nera dovranno avere doppio suggello od un sistema a tenuta approvato dalla Direzione Lavori.

Nella voce di elenco relativa alla fornitura e posa dei chiusini sono inoltre da considerarsi comprese tutte le forniture e le lavorazioni necessarie per dare l'opera finita e carrabile sia nel caso in cui i chiusini vengano posizionati su condotta scatolare (vedi voce di capitolato relativa), sia nel caso in cui vengano posati su pozzetti tradizionali.

5.9 Legnami

Da impiegare in opera stabili o provvisorie, di qualunque essenza essi siano, dovranno soddisfare a tutte le prescrizioni ed avere i requisiti delle precise categorie di volta in volta prescritte e non dovranno presentare difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati. I legnami rotondi o pali, dovranno provenire da vero tronco e non dai rami, saranno diritti in modo che la congiungente i centri delle due basi non esca in alcun punto dal pelo.

Dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e conguagliati alla superficie; la differenza fra i diametri medi delle estremità non dovrà oltrepassare il quarto del maggiore dei due diametri.

I legnami grossolanamente squadri ed a spigolo smussato, dovranno avere tutte le facce spianate, tollerandosi in corrispondenza ad ogni spigolo l'alburno e lo smusso in misura non maggiore di 1/5 della minore dimensioni trasversale dell'elemento.

I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadri a sega e dovranno avere tutte le facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno ne smussi di sorta. I legnami, in genere, dovranno corrispondere ai requisiti di cui al D.M. 30 ottobre 1912.

5.10 Specifiche di prestazione e modalità di prova. Tubazioni in acciaio per fognatura

5.10.1 Condizioni tecniche di fornitura

Salvo quanto di seguito specificato valgono di regola le prescrizioni di cui alla norma UNI EU 21. 31

Forma

I tubi dovranno risultare ragionevolmente diritti a vista e dovranno presentare sezione circolare entro le tolleranze prescritte. Le estremità di ciascun tubo dovranno essere tagliate perpendicolarmente all'asse del tubo stesso e non dovranno presentare sbavature.

Superficie

I tubi dovranno risultare privi di difetti superficiali che possano pregiudicarne l'impiego. Saranno ammessi tuttavia locali leggeri aumenti o diminuzioni di spessore, piccole striature longitudinali dovute al processo di fabbricazione purché lo spessore rimanga compreso in ogni punto entro le tolleranze prescritte. E' ammessa l'eliminazione dei difetti purché lo spessore non risulti inferiore al minimo prescritto.

Lunghezze

Verranno impiegati di norma tubi di lunghezza corrente atti a prestarsi ad una semplice posa in opera

5.10.2 Prove di stabilimento

1. Tutte le prove e le riprova dovranno essere eseguite presso il fabbricante, che dovrà rilasciare un attestato di conformità alla presente prescrizione.
2. Il fabbricante dovrà sottoporre alla prova idraulica tutti i tubi allo stato grezzo. Il collaudatore potrà richiedere la ripetizione della prova idraulica su non più del 5% dei tubi dell'intera partita.
3. La prova di trazione dovrà essere eseguita su un tubo scelto a caso per ogni lotto fornito
4. Sui tubi saldati con diametro esterno maggiore o uguali ai 300 mm, oltre alla prova di trazione di cui al punto 4.3, si dovrà eseguire un'altra prova di trazione su provetta trasversale contenente al centro il cordone di saldatura, per verificare il solo carico unitario di rottura. Il valore di questo carico non dovrà essere minore di quello indicato nel prospetto al punto 2 per il tipo di acciaio preso in esame.
5. Con la stessa frequenza prevista per la prova di trazione, i tubi saldati dovranno essere sottoposti ad una prova di schiacciamento. Durante la prova di schiacciamento non dovranno manifestarsi né incrinature o rotture sulla saldatura, né difetti del metallo rilevabili a vista. La prova verrà eseguita sugli stessi tubi scelti per la prova di trazione
6. In caso di esito sfavorevole delle prove di cui ai punti 3, 4 e 5 si dovrà ripetere la prova che non ha corrisposto su altri tubi dello stesso lotto. Se anche la riprova sui due tubi non darà esito favorevole, si dovrà provare singolarmente ogni tubo nel lotto.

5.10.3 Modalità di prova

Analisi chimica

Per i metodi di analisi chimica si farà riferimento alle apposite unificazioni.

Prova idraulica I tubi oggetto della fornitura saranno collaudati alla pressione di 0.5 bar.

La durata della prova idraulica non dovrà essere inferiore a 10 secondi.

Durante la prova il tubo saldato dovrà essere sottoposto a martellamento in prossimità delle saldature, ad entrambe le estremità, con martelli di peso non minore di 500 g e non dovranno verificarsi difetti di tenuta. I tubi che risulteranno difettosi in zona di saldatura potranno essere opportunamente riparati e quindi sottoposti ad una seconda prova idraulica.

5.11 Prova idraulica di tenuta dei collettori gettati in opera in trincea ed in galleria

A richiesta della Direzione dei Lavori, prima del reinterro dovrà essere eseguita una prova di impermeabilità secondo le modalità di seguito indicate.

Per verificare l'impermeabilità delle giunzioni di un tratto di canalizzazioni (la lunghezza media dei tronchi da collaudare sarà di 25-30 m) questo sarà normalmente sottoposto ad un carico idraulico di 0,5 atmosfere.

Prima di iniziare la prova, si procederà a sigillare i due tubi estremi del tratto da esaminare. La tubazione verrà quindi riempita d'acqua avendo cura che non subisca spostamenti o sollevamenti, per il che, se necessario, si dovranno adottare idonei congegni di sicurezza, lasciando in ogni caso libere le giunzioni, in modo da poter individuare con facilità eventuali punti permeabili.

L'acqua sarà quindi sottoposta per 15 minuti alla pressione di prova, che potrà indifferentemente essere controllata con un manometro o un piezometro. Se durante il tempo prescritto la pressione diminuisce, si deve raggiungere altra acqua, in modo da mantenere costantemente il valore iniziale; se tuttavia si notano punti permeabili, la prova deve essere interrotta per riparare i difetti, eventualmente mediante sostituzione dell'intero tubo che perde, e successivamente ripetuta durante altri 15 minuti.

Per verificare l'impermeabilità di un tratto di canalizzazione i tubi dovranno essere saturi di acqua. A tale scopo, la canalizzazione sarà riempita d'acqua 24 ore prima della prova.

Anche questa prova avrà una durata di 15 minuti, ma la pressione dovrà essere in ogni caso di 0,5 atm. e sarà misurata esclusivamente con un piezometro, in modo da poter verificare la quantità d'acqua aggiunta. I quantitativi massimi di acqua che possono essere perduti dai vari tipi di canalizzazioni sono riassunti nella tabella allegata avvertito che, se durante la prova si notano punti permeabili, essa deve essere interrotta e sistemati i punti che creano inconvenienti.

Prova di impermeabilità delle canalizzazioni in c.a.

sezione circolare (diam.)	aggiunta d'acqua l/mq di superfici utile
10 - 25 cm	0,20
30 - 60 cm	0,15
70 - 100 cm	0,13
oltre 100 cm	0,10

Per ciò che concerne le tolleranze si precisa quanto segue:

- quote: è consentito un divario max fra quote di progetto e quote realmente raggiunte ed eseguite, per qualsiasi diametro e materiale, di 2 cm ogni 100 m;
- lunghezze: 2,5 cm ogni 100 m;
- giunti: all'interno del giunto, l'intervallo fra un estremo di un tubo e l'estremo dell'altro tubo adiacente, dovrà essere compreso fra i 6 e 15 mm.

5.12 Collaudo delle tubazioni in PVC

Il collaudo di una tubazione di PVC per acque di scarico deve accertare la perfetta tenuta della canalizzazione.

Questo accertamento si effettua sottoponendo a pressione idraulica (0,5 bar) la canalizzazione stessa mediante riempimento con acqua del tronco da collaudare (di lunghezza opportuna, in relazione alla pendenza) attraverso il pozzetto di valle per agevolare lo sfiato dell'aria.

L'operazione dovrà essere compiuta prima della realizzazione dell'apertura di ispezione della condotta passante attraverso i pozzetti; con tale accorgimento sarà possibile collaudare le tratte delle lunghezza prestabilita attrezzando semplicemente i due pozzetti di monte e di valle.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 21:

IMPIANTO DI SCAMBIO GEOTERMICO

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. E. Cadamuro		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	2
3.	MESSA IN OPERA DEL CIRCUITO DI SCAMBIO TERMICO – DIAFRAMMI ENERGETICI	2
3.1	Requisiti geometrici dei diaframmi energetici	3
3.2	Posa in opera dei diaframmi.....	3
4.	MESSA IN OPERA DEL CIRCUITO DI SCAMBIO TERMICO – CONCI ENERGETICI	4
4.1	Requisiti geometrici dei conci energetici.....	4
4.2	Realizzazione dei conci energetici in stabilimento	4
4.3	Posa in opera dei conci energetici	5

1. PREMESSA

La presente sezione definisce prescrizioni, oneri, specifiche tecniche e quant'altro relativamente alla realizzazione di "diaframmi energetici" e di "conci energetici".

Gli scambiatori termici sono costituiti da tubazioni in polietilene reticolato che vengono introdotte nel getto di calcestruzzo e permettono il flusso di un fluido termovettore all'interno. Il collegamento del circuito geotermico ad una pompa di calore, ubicata nell'ambito della stazione di riferimento, permette la valorizzazione del calore scambiato e il successivo utilizzo per fini di climatizzazione delle strutture.

Le tubazioni interne agli scambiatori termici sono collegate all'impianto principale, presente in ogni stazione di riferimento, che è caratterizzato da un sistema a ritorno inverso che consente di servire i diversi circuiti tramite l'utilizzo di tre tubazioni: una tubazione di mandata, una tubazione di ritorno sulla quale convergono tutti i ritorni dei singoli circuiti sino al circuito più distante, dal quale parte una tubazione per il ritorno inverso.

Il circuito idraulico globale, che comprende anche la pompa di circolazione, dovrà essere opportunamente dimensionato tenendo conto del sistema complessivo definitivo, delle portate, dei diametri, delle lunghezze e delle relative perdite di carico distribuite e localizzate.

La presente sezione è relativa alla realizzazione e messa in opera delle geostrutture energetiche limitatamente alla parte strutturale; le tubazioni di scambio termico interne alla geostruttura dovranno poi essere collegate alla sezione impiantistica con la quale deve essere garantito uno stretto coordinamento tecnico e le cui attività sono previste nell'apposito capitolato di riferimento.

2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le tubazioni interne di scambio saranno realizzate in polietilene reticolato ad alta densità (tipo PE-Xa), in grado di resistere a pressioni e temperature elevate e alla corrosione, garantendo una lunga durata. Tali tubi, di diametro esterno pari a 20 mm e spessore 2 mm, identici sia nel caso dei diaframmi che dei conci energetici, sono composti da tre strati:

- Lo strato interno, con polietilene reticolato (con perossidi) ad alta densità;
- Lo strato intermedio, in materiale polimerico;
- Lo strato esterno, formato da una barriera in alcol etilene vinilico (EVOH) che evita la permeabilità all'ossigeno.

Il tubo in PE-Xa deve avere inoltre essere conforme alle specifiche:

- Stagno all'ossigeno secondo la norma DIN 4726;
- Conforme alle norme UNI EN ISO 15875 e DIN 16892.

I tubi devono essere testati presso lo stabilimento di produzione in modo tale da garantire adeguata durabilità, resistenza alla corrosione e alle temperature e pressioni elevate.

All'interno di tali tubazioni circolerà un fluido termovettore composto da acqua con glicole (30%).

3. MESSA IN OPERA DEL CIRCUITO DI SCAMBIO TERMICO – DIAFRAMMI ENERGETICI

In assenza di precise raccomandazioni nell'ambito italiano, si è fatto riferimento, a titolo indicativo, a quanto riportato nel capitolo 4 del documento "Recommandations pour la conception, le dimensionnement et la mise en oeuvre des géostructures energetiques" (CFMS/Syntec Ingenierie/Soffons-FNTP, Gennaio 2017) relative alla realizzazione dei diaframmi energetici: requisiti geometrici, raccomandazioni per la posa in opera e per i collegamenti ai collettori e alle pompe di calore ubicate all'interno delle stazioni.

3.1 Requisiti geometrici dei diaframmi energetici

Si riassumono di seguito i criteri dimensionali:

- Gli scambiatori termici sono costituiti da tubazioni in polietilene reticolato tipo PE-Xa di diametro esterno 20 mm e spessore 2 mm;
- Risulta necessario mantenere una spaziatura di non meno di 15 cm tra i singoli rami di tubazione;
- Si deve fare riferimento allo schema di circolazione dei fluidi termovettori in maniera tale da allontanare le mandate e i ritorni di flussi, al fine di ridurre le dispersioni termiche tra i rami del circuito stesso;
- Le tubazioni dello scambiatore vanno posizionate all'esterno della gabbia di armatura di ogni singolo pannello di diaframma;
- La tubazione deve rimanere protetta nella parte inferiore della gabbia di armatura per un'altezza pari almeno a 25 cm;
- Il posizionamento della tubazione atta allo scambio termico deve essere realizzato mediante legatura con fascette plastiche alle armature trasversali nella quantità di n. 1 legatura/metro;
- Nelle zone sommitali e ove il tracciato delle tubazioni prevede andamento non rettilineo la legatura all'armatura deve essere resa più fitta e comunque tale da garantire un'adesione efficace alla gabbia d'armatura.

3.2 Posa in opera dei diaframmi

Per la realizzazione del diaframma in calcestruzzo armato ai fini dell'attivazione termica della struttura si dovrà procedere alle fasi così come descritte nel seguito:

1. Deposizione a piè d'opera della gabbia di armatura del modulo di diaframma e della tubazione in polietilene.
2. Controllo visivo della tubazione in polietilene, taglio della lunghezza necessaria alla realizzazione del diaframma in oggetto e prova di integrità mediante messa in pressione idraulica della tubazione. Marcatura di precisione sulla tubazione della posizione dei punti di inizio, fine e dei tratti in curva previsti, in modo da poter disporre di un'indicazione precisa della localizzazione dei vari tratti di tubazione sulla gabbia d'armatura e facilitarne il collegamento alla stessa.
3. Posa, piegatura e fissaggio delle tubazioni in polietilene reticolato ad alta densità tipo PE-Xa sulla gabbia di armatura secondo gli schemi progettuali, sul lato a contatto con il terreno in opera. Tale operazione va eseguita in successione durante la calata dei moduli di gabbie di armatura con progressivo fissaggio delle tubazioni mediante fascette in materiale plastico. Durante la calata dei moduli dovrà essere mantenuta in pressione la tubazione per compensare la pressione di schiacciamento esercitata dai fanghi bentonitici di stabilizzazione dello scavo.
4. Getto del calcestruzzo, secondo le modalità prescritte nel progetto e comunque condotte a partire dal fondo scavo mediante opportuna prolunga o tubo di getto, tale da garantire il rifluire dei fanghi bentonitici e l'esecuzione del getto stesso senza soluzione di continuità.
5. Mantenimento in pressione dell'impianto di circolazione fino alla completa presa e indurimento del calcestruzzo mediante impianto idraulico idoneo a garantire adeguata contropressione allo schiacciamento.
6. Ad indurimento del getto avvenuto, esecuzione di prova idraulica con flussaggio ad acqua conformemente alla norma UNI EN 806 e sconnessione dallo stesso e posizionamento di adeguata protezione dei terminali liberi.
7. La connessione idraulica dei diaframmi dovrà avvenire secondo lo schema previsto nel progetto geotermico utilizzando i seguenti componenti:
 - Tubo in PVC di protezione delle estremità delle tubazioni;
 - Tappo di riduzione in PVC;
 - Elementi di raccordo fra pannelli dello stesso circuito;
 - Isolante termico per la tubazione esterna al circuito e per protezione tubazioni.

4. MESSA IN OPERA DEL CIRCUITO DI SCAMBIO TERMICO – CONCI ENERGETICI

Il rivestimento di questo tipo di gallerie è costituito da conci in calcestruzzo prefabbricati; la soluzione progettuale è stata quella di attivare termicamente l'opera inserendo all'interno dei conci delle tubazioni di scambio termico, prima del getto del calcestruzzo. I tubi sono posizionati in modo da formare circuiti chiusi una volta posti in opera, ed al loro interno circola un fluido termovettore composto da acqua con glicole che costituisce il mezzo per il trasferimento del calore dal terreno agli edifici e viceversa.

Il concio energetico sarà realizzato in stabilimento e alla gabbia di armatura sono collegati i tubi di scambio termico prima del getto del calcestruzzo.

L'integrazione del sistema di scambiatori di calore nei conci deve soddisfare i seguenti requisiti:

- L'integrità strutturale del rivestimento non deve essere compromessa;
- Il rivestimento deve garantire adeguata impermeabilizzazione;
- Il montaggio delle tubazioni di scambio termico deve essere integrato nel processo di fabbricazione del concio.

4.1 Requisiti geometrici dei conci energetici

I conci modulari prefabbricati attivati termicamente prevedono i seguenti elementi principali:

- Un elemento strutturale avente una direzione di sviluppo principale e comprendente un estradosso esterno;
- Una rete di tubi comprendente una pluralità di tratti lineari, una pluralità di raccordi curvilinei per collegare due tratti lineari consecutivi, una prima e una seconda estremità, con la caratteristica peculiare che i tratti lineari della rete di tubi sono diretti nella direzione di sviluppo principale dell'elemento strutturale.

Le tubazioni di scambio termico sono in polietilene ad alta densità (tipo PE-Xa) di diametro esterno di 20 mm e spessore 2 mm.

Le lavorazioni consistono nel collegamento in serie di due anelli del rivestimento della galleria consecutivi (ogni anello risulta composto da 7 conci oltre al concio chiave) per formare un unico circuito di scambio.

4.2 Realizzazione dei conci energetici in stabilimento

La realizzazione del concio avverrà con la seguente sequenza:

1. Controllo visivo della tubazione in polietilene, taglio della lunghezza necessaria alla realizzazione del concio in oggetto e prova di integrità mediante test di circolazione idraulica.
2. Posa, piegatura e fissaggio delle tubazioni in polietilene reticolato ad alta densità tipo PE-Xa sulla gabbia di armatura, mediante fascette in materiale plastico.
3. Inserimento della gabbia di armatura del singolo concio all'interno del cassero, il quale deve prevedere la presenza di una coppia di tasche (una in uscita ed una in ingresso) in cui vengono alloggiare le porzioni di tubazione da collegare ai conci adiacenti. Le dimensioni delle tasche di accoppiamento sono ridotte al minimo in modo da non alterare la ridotta sezione di contatto dei giunti longitudinali.
4. Getto accurato e lento del calcestruzzo.
5. Effettuazione di prova idraulica con flussaggio ad acqua conformemente alla norma UNI EN 806 per la verifica dell'integrità dei tubi interni al singolo concio.

6. Protezione dei tubi in corrispondenza delle tasche al fine di non danneggiare le tubazioni in fase di trasporto in cantiere.

4.3 Posa in opera dei conci energetici

L'installazione degli elementi di connessione idraulica tra le diverse porzioni del circuito di scambio termico non deve interferire con il processo di scavo, tali elementi devono essere sufficientemente robusti per soddisfare i requisiti di durabilità. In particolare, il circuito idraulico immerso in ciascun conco andrà collegato in situ a quello dei conci adiacenti tramite connessioni idrauliche in modo tale da formare un unico circuito per ogni coppia di anelli del rivestimento. L'accoppiamento dei tubi avviene dopo l'installazione dei conci, per formare un anello completo, ed il lavoro di collegamento viene eseguito dal sistema di backup TBM in modo che non interferisca con l'avanzamento della galleria. Una volta effettuate le connessioni relative alle tubazioni dei singoli anelli, dovrà essere effettuato il collegamento fra due anelli successivi mediante tubazione opportunamente coibentata, in modo da creare un circuito completo. Tale tubazione sarà resa solidale alla superficie interna dei conci mediante tassellatura, al fine di evitare fenomeni di sbandieramento in galleria. Completata la fase di realizzazione del circuito è prevista una prova idraulica conformemente alla norma UNI EN 806 per verificare che il flusso del fluido termovettore avvenga senza perdite e in assenza di eventuali ostruzioni. Successivamente i circuiti verranno collegati alle tubazioni di mandata e ritorno; tali operazioni saranno disciplinate nella sezione di capitolato relativa all'attività impiantistica.

La connessione idraulica dei conci dovrà avvenire secondo lo schema previsto nel progetto geotermico utilizzando i seguenti componenti:

- Elementi di raccordo fra tubazioni di conci adiacenti;
- Elementi di raccordo fra tubazioni in uscita/entrata nel circuito con eventuale tubazione di collegamento alle tubazioni di mandata e ritorno;
- Collare reggi tubo zincato da usare per il fissaggio della tubazione di collegamento dei due anelli contro lo sbandieramento;
- Isolante termico per la tubazione esterna al circuito e per protezione tubazioni in corrispondenza delle tasche.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 14:

CANTIERIZZAZIONE

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. F. Cocito		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023
1	Ing. F. Cocito		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		06/10/2023

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B2
Sezione n. 14: Cantierizzazione

INDICE

1.	DEFINIZIONI.....	2
2.	NORME DI MISURAZIONE	2
3.	PRESCRIZIONI E ONERI GENERALI	2
4.	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	2
4.1	Aree di cantiere.....	2
4.2	Recinzioni di cantiere.....	3
4.3	Viabilità di cantiere.....	3
4.4	Polveri	3
4.5	Rumore	4
4.6	Vibrazioni.....	4
4.7	Rifiuti	5
4.8	Acque sotterranee e reflue.....	5
4.9	Acque superficiali	5
4.10	Servizi pubblici	6
4.11	Ripristini 6	
4.12	Modifiche alla viabilità urbana	6
4.13	Alberi e arredo urbano.....	7
5.	MATERIALI E MEZZI	7
5.1	Macchine	7
6.	CONTROLLI DI QUALITA'.....	7
6.1	Generalità.....	7
6.2	Monitoraggio ambientale	8

1. DEFINIZIONI

La lavorazione "cantierizzazione" si definisce come l'insieme di tutte le attività di occupazione del suolo pubblico e del sottosuolo destinate a realizzare impianti di servizio alla realizzazione dell'opera. Gli impianti di servizio sono da intendersi le deviazioni stradali temporanee o di lunga durata, le recinzioni, la formazione della viabilità interna, la formazione della viabilità esterna per il traffico privato, gli oneri di allacciamento alle reti energetiche e di alimentazione, l'installazione dei servizi igienico assistenziali per i lavoratori, la logistica di cantiere quali uffici, magazzini, depositi, aree di stoccaggio, gli impianti dedicati alla produzione di calcestruzzi, malte e boiacche, gli impianti di trattamento acque, le modalità di stoccaggio dei rifiuti e tutte quelle attività di servizio, comprese quelle non espressamente trattate in questa parte del Capitolato, dedicate alla efficiente e completa realizzazione delle opere in progetto.

2. NORME DI MISURAZIONE

La misurazione della cantierizzazione ai fini di applicazione delle corrispondenti voci di prezzo, ove previste, è eseguita "a misura" di materiale fornito e posato in opera.

Nei prezzi di realizzazione della cantierizzazione si intendono compresi e compensati tutti gli oneri principali ed accessori delle opere quali:

- la fornitura di recinzioni, cancellate, inferriate, ringhiere, corrimani, serramenti
- la posa in opera dei suddetti
- la stesura di una o più mani di antiruggine
- la verniciatura laddove necessario
- quant'altro previsto nella presente specifica come lavorazione annessa alla cantierizzazione.

Sono escluse le voci specificamente richiamate nel computo dei costi supplementari della sicurezza, facente parte del Piano di Sicurezza e Coordinamento del progetto.

3. PRESCRIZIONI E ONERI GENERALI

La presente Sezione del Capitolato si riferisce alle prescrizioni che l'Appaltatore dovrà osservare nella realizzazione dei cantieri che dovrà avvenire in conformità a quanto riportato negli elaborati di cantierizzazione appositamente redatti ai quali si rimanda e che si intendono parte integrante della presente Sezione del Capitolato.

4. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

È obbligo dell'Appaltatore verificare, prima dell'inizio dei lavori, le effettive necessità per la realizzazione dei cantieri e le effettive disponibilità da parte del Committente e del Comune di Torino relativamente all'occupazione di suolo pubblico ed alle modificazioni alla viabilità.

In caso di richieste modificative rispetto a quanto indicato negli elaborati di cantierizzazione di progetto è ancora obbligo e onere dell'Appaltatore studiare le soluzioni alternative e realizzare le opere secondo queste. E' inoltre onere dell'Appaltatore l'elaborazione dei relativi calcoli e la redazione in corso d'opera degli elaborati di dettaglio di tutte le opere provvisorie e/o provvisionali quali ponteggi, casseri, strutture di sostegno e protezione, salvo quelli espressamente richiamati dal PSC di progetto ed a parte compensati; è onere dell'Appaltatore il progetto di tutte le installazioni o impianti di cantiere, senza che ciò comporti vanto di alcun credito aggiuntivo (né di tempi, né di compensi economici) rispetto a quanto concordato sulla base del progetto di cantierizzazione di riferimento.

I periodi di intervento devono essere congruenti con il cronoprogramma di progetto e basati sugli studi di cantierizzazione dell'Appaltatore.

4.1 Aree di cantiere

Dato il contesto urbanizzato all'interno del quale si devono svolgere le lavorazioni in corrispondenza dei cantieri, oltre alla messa in opera di tutti gli interventi di mitigazione degli impatti di cantiere previsti nel progetto definitivo (così come eventualmente integrato nella successiva fase di progettazione esecutiva), dovranno essere prese sempre e comunque tutte le precauzioni necessarie per ridurre al massimo la produzione e l'emissione di fattori inquinanti, quali rumori, polveri, vibrazioni ecc..

4.2 Recinzioni di cantiere

Le recinzioni permanenti dovranno essere tutte di altezza minima 2,5m ed essere tinteggiate con i colori previsti dalla Città di Torino secondo le indicazioni contenute nel Manuale dei Cantieri della Città (allegato alla presente sezione).

Per le fasi di scavo e costruzione in sotterraneo le recinzioni saranno costituite da new jersey in cls, sormontato da grigliati, pannelli opachi o trasparenti secondo degli elaborati di cantierizzazione del progetto e delle richieste di modifica della Città di Torino.

Per i cantieri di esecuzione consolidamenti e micropali dalla superficie le differenti fasi di realizzazione potranno essere gestite anche con recinzioni grigliate mobili di altezza minima 2,0m e integrate da teli di contenimento della polvere e degli schizzi verso l'esterno.

Per ulteriori informazioni e specifiche tecniche, si rimanda all'Allegato 10 del Piano di Sicurezza e Coordinamento.

4.3 Viabilità di cantiere

L'uso della viabilità cittadina da parte dei mezzi di cantiere dovrà essere il più limitato possibile; i percorsi viari da utilizzare dovranno seguire le indicazioni riportate nelle tavole di viabilità di cantiere e, in caso di variazioni, essere concordati con il Committente e con il Comune di Torino, tenendo conto di volta in volta di quelle che sono le effettive vie percorribili e non interessate da eventuali altri lavori.

In ogni situazione si dovrà garantire il transito e l'accessibilità dei mezzi di soccorso diretti verso terzi o verso necessità interne al cantiere medesimo.

All'interno dei cantieri è obbligo dell'Appaltatore predisporre la viabilità secondo le indicazioni del PSC di progetto, tenendo conto che il tratto fra le vasche di lavaggio ed il collegamento in uscita verso la viabilità cittadina dovrà essere pavimentato, con pavimentazione a scelta dell'Appaltatore, ma comunque in grado di sopportare il traffico di cantiere durante tutta la durata della vita del cantiere, e sempre previa approvazione della stessa da parte della D.L.

4.4 Polveri

Sarà obbligo dell'Appaltatore predisporre una pavimentazione adeguata ai carichi circolanti ed alla riduzione della produzione di fango e polveri. In tutti i casi dovrà essere previsto un adeguato sistema di lavaggio dei pneumatici degli automezzi di movimento terra in uscita da tutte le aree sede di scavi di sbancamento o di smarino dal sotterraneo. La bonifica delle gomme potrà essere ottenuta con vasche ad immersione parziale o impianti automatici di lavaggio gomme. Il costo degli impianti di lavaggio è compensato nei costi della sicurezza. Qualunque versamento di materiale sulla viabilità pubblica proveniente dai propri mezzi di cantiere dovrà essere rimosso a cura dell'Appaltatore, che dovrà aver predisposto un piano operativo per la risoluzione immediata di tali problemi.

I materiali inerti caricati sugli automezzi di cantiere dovranno essere adeguatamente bagnati per diminuire le dispersioni di polvere; il cassone degli automezzi dovrà inoltre essere coperto prima di uscire con i mezzi dalle aree di carico.

La superficie delle piste e dei piazzali di cantiere dovrà essere bagnata con regolarità per impedire l'emissione di polveri.

Tutte le pavimentazioni di cantiere dovranno essere rimosse prima della sistemazione delle aree, una volta terminata la funzione del cantiere, secondo la sistemazione superficiale finale.

Per ridurre le emissioni di polvere è ancora onere dell'Appaltatore:

- 1) Dotare le aree di stoccaggio dei materiali e la viabilità interna al cantiere di impianti di annaffiamento automatici, regolabili in base alle necessità stagionali per abbattere le polveri originate dalla movimentazione dei materiali e dal traffico dei mezzi operativi. Le piste di servizio devono essere mantenute costantemente in buono stato, al fine di abbattere le polveri dovute al traffico dei mezzi di cantiere.
- 2) Qualora nel trasporto dei materiali di qualunque tipo lungo la viabilità cittadina si verificano depositi e/o imbrattamenti dei percorsi viari, questi vanno tempestivamente rimossi a cura e spese dell'Appaltatore.

I mezzi di trasporto adibiti alla movimentazione di terre, di materiali di risulta delle demolizioni e di qualunque altro materiale pulverulento, nonché di tutti gli altri materiali ed attrezzature, dovranno essere

attrezzati e di volta in volta coperti da un telone steso sul carico, per impedire il sollevamento e la successiva dispersione delle polveri.

Tutte le attività che producano polveri o che trattino materiali pulverulenti devono avvenire con l'utilizzo di macchine e secondo procedure che impediscano la dispersione delle polveri stesse ed anzi che consentano la raccolta delle stesse e la loro successiva posa a scarica con mezzi idonei a non disperderle.

Per la gestione in cantiere degli eventuali cumuli di materiale di risulta degli scavi, delle demolizioni, ecc., si dovranno prendere tutte le precauzioni per evitare la dispersione delle polveri (ad esempio coprendo il materiale con teli).

È altresì onere dell'Appaltatore eseguire una pulizia giornaliera delle aree poste nelle immediate vicinanze degli ingressi / uscite ai cantieri, mediante spazzatrice meccanizzata. Tale onere deve essere considerato dall'Appaltatore all'interno delle proprie spese generali per la realizzazione dell'opera, senza che ciò dia titolo alla richiesta di maggiori oneri.

4.5 Rumore

Il rumore trasmesso all'esterno dovrà essere limitato il più possibile. A questo scopo l'Appaltatore dovrà richiedere l'autorizzazione in deroga ai sensi dell'art. 6 Legge n.447/95 e art. 5 Legge Regionale 52/00, corredandola della documentazione d'impatto acustico per ogni area di cantiere secondo il D.G.R. 02/02/2004 N.9-11616.

Inoltre sono a carico dell'Appaltatore i seguenti oneri:

- 1) Deve essere individuato un tecnico competente in acustica ai sensi della L.447/96, con l'incarico di seguire l'evoluzione delle attività di cantiere sotto il profilo acustico, verificare in ogni fase la migliore attuazione degli interventi di abbattimento del rumore e progettare eventuali misure aggiuntive di tutela ambientale. Tale figura dovrà svolgere anche il ruolo di interlocutore con gli organi preposti al controllo in merito alle problematiche di carattere acustico. Il tecnico competente in acustica, o un suo sostituto, dovrà essere sempre reperibile durante lo svolgimento dei lavori.
- 2) Durante lo svolgimento delle attività di cantiere dovrà essere eseguita una serie di monitoraggi acustici atti a verificare l'efficacia di quanto previsto a fronte degli esiti dello studio di impatto acustico. Le modalità di acquisizione e di analisi dei dati di monitoraggio dovranno essere preventivamente concordate con l'A.R.P.A.
- 3) Nel caso in cui i dati rilevati durante il monitoraggio mostrassero, nonostante gli interventi di mitigazione previsti nello studio di impatto acustico, superamenti dei limiti del Piano di Classificazione Acustica o di quelli concessi dalle deroghe eventualmente richieste, ulteriori interventi di mitigazione dovranno essere progettati e predisposti nel più breve tempo possibile.
- 4) L'organizzazione dei turni di lavoro dovrà seguire criteri finalizzati a diminuire l'impatto acustico nelle ore più sensibili (06:00-08:00 a 19:00-22:00); occorre evitare, inoltre, ove tecnicamente possibile, le lavorazioni più rumorose nel periodo notturno 22:00-06:00.
- 5) Dovrà essere limitato al minimo indispensabile l'utilizzo di gruppi elettrogeni. Il funzionamento di impianti fissi all'interno delle aree di cantiere dovrà avvenire prioritariamente tramite alimentazione di rete.

4.6 Vibrazioni

- 1) In ogni fase temporale dei lavori dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti tecnici e comportamentali fattibili al fine di ridurre al minimo i fenomeni vibratorii delle macchine e degli impianti utilizzati, quali, ad esempio, l'ottimizzazione dei tempi di lavorazione in relazione alle condizioni di utilizzo delle aree critiche, l'utilizzo di attrezzature o tecniche caratterizzate da basse emissioni di vibrazioni (martelli pneumatici a potenza regolabile, sistemi a rotazione anziché a percussione, ecc.);
- 2) Durante lo svolgimento delle attività di cantiere, dovrà essere eseguita una serie di monitoraggi cadenzati allo scopo di verificare il rispetto dei limiti previsti dalla norma UNI 9614. Le modalità di acquisizione e di analisi dei dati di monitoraggio dovranno essere concordate con ARPA Piemonte - Dipartimento di Torino prima dell'inizio dei lavori.
- 3) Nel caso in cui tali monitoraggi dimostrassero un sensibile scostamento dai livelli massimi previsti dalla norma UNI 9614, dovranno essere predisposti ulteriori interventi di mitigazione, da adottare nel più breve tempo possibile.

4.7 Rifiuti

- 1) Nel caso in cui si configuri il terreno di scavo come rifiuto, esso dovrà sottostare alla relativa disciplina vigente di settore. In tal caso il recupero deve essere prioritariamente considerato rispetto allo smaltimento.
- 2) Nel caso invece sia previsto il riutilizzo del terreno di scavo, così come contemplato dal Decreto Legislativo 152/2006 e s.m.i. e dal D.P.R. 120/2017, dovrà essere adempiuto quanto in essi contenuto.
- 3) Le eventuali aree di stoccaggio dello smarino dovranno essere situate in zone prive di sensibilità idrogeologica a lontane da centri sensibili, quali punti di attingimento idropotabile a aree di ricarica della falda.
- 4) Presso le aree di cantiere dovranno essere presenti appositi cassoni carrabili atti alla raccolta delle diverse tipologie di rifiuti speciali prodotti. A cura della Direzione Lavori, dovranno essere impartite apposite procedure atte ad evitare l'interramento e la combustione dei rifiuti.
- 5) Le modalità di gestione dei rifiuti devono almeno osservare le seguenti indicazioni:
 - a) i rifiuti assimilabili agli urbani devono essere conferiti ai contenitori della raccolta rifiuti urbana;
 - b) gli imballaggi, ed assimilabili, In carta, cartone, plastica, legno, etc. devono essere destinati al riutilizzo ed al riciclaggio;
 - c) i rifiuti speciali non pericolosi provenienti dalle lavorazioni di cantiere devono essere separati in contenitori specifici;
 - d) i rifiuti speciali pericolosi provenienti dall'impiego, dai residui a dai contenitori di sostanze a prodotti chimici utilizzati in cantiere devono essere separati in recipienti specifici ed idonei ai rischi di queste sostanze la cui pericolosità può essere desunta dalle schede di sicurezza a dalle etichette.
- 6) I rifiuti liquidi pericolosi (olii esausti, gli acidi grassi in olio minerale, i liquidi di lavaggio delle attrezzature, etc.) devono essere stoccati in contenitori etichettati a posizionati in un luogo coperto, utilizzando un bacino di contenimento per spandimenti.

4.8 Acque sotterranee e reflue

In tutte le lavorazioni che coinvolgano la falda o l'immissione di sostanze nella rete fognaria l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese alla predisposizione delle procedure e dei sistemi di volta in volta idonei al rispetto di regolamenti di igiene emessi da qualunque autorità competente ed ai regolamenti di fruizione degli enti gestori dei sottoservizi.

In tutte le aree di cantiere dovrà essere installato un idoneo impianto di trattamento delle acque reflue provenienti dai servizi, dal lavaggio dei mezzi e da tutte le lavorazioni previste che comportino l'utilizzo di acqua.

4.9 Acque superficiali

E' obbligo dell'Appaltatore provvedere al censimento di tutti i tombini di scarico delle acque cittadine e di verificare che l'interruzione di tratti di rete fognaria non provochi interruzione del servizio; in particolare è poi obbligo dell'Appaltatore predisporre tutte le reti di drenaggio delle acque di cantiere, verificando che la rete esistente sia in grado di ricevere le quantità previste e nel contempo, difendere le opere in fase di realizzazione.

Dovrà essere cura dell'Appaltatore adottare ogni precauzione per non inquinare le acque superficiali o di falda con residui provenienti dalle lavorazioni o da servizi connessi.

In particolare, si prescrive come onere dell'Appaltatore:

- le aree di parcheggio e manutenzione dei mezzi d'opera siano impermeabilizzate e provviste di bacini di contenimento atti a contenere perdite;
- i silos e gli impianti di servizio alle lavorazioni che impieghino sostanze potenzialmente inquinanti devono essere inseriti all'interno di bacini di raccolta che prevengano versamenti accidentali;
- le acque reflue e le acque di qualunque lavorazione dovranno essere recapitate alla fognatura comunale, qualora necessario previo trattamento di chiarificazione e depurazione al fine di garantire la conformità delle acque scaricate ai parametri previsti dal D.Lgs. 152/2006 e dalle autorizzazioni allo scarico, onere questo a carico dell'Appaltatore, già previsto nel paragrafo dedicato alle acque sotterranee.

4.10 Servizi pubblici

L'approvvigionamento di qualunque servizio fornito (acqua, luce, ecc.) comporta per l'Appaltatore l'obbligo del rispetto delle clausole imposte dall'ente gestore dello stesso, senza che ciò dia titolo alla richiesta di maggiori oneri.

E' obbligo dell'Appaltatore accertarsi preventivamente dell'esistenza di eventuali interferenze con sottoservizi non censiti dal progetto e concordare le metodologie di risoluzione con gli enti gestori, senza che ciò dia titolo alla richiesta di maggiori oneri.

Eventuali danni e/o interruzioni del servizio fornito sono sempre e comunque da addebitarsi all'Appaltatore stesso. Tutti i sottoservizi presenti nelle aree di cantiere e non soggetti a spostamento debbono essere protetti con opportuni interventi, secondo le indicazioni del progetto, degli enti gestori e della Direzione Lavori del Committente.

4.11 Ripristini

I lavori di ripristino del suolo pubblico manomesso saranno eseguiti dall'Appaltatore osservando i regolamenti comunali di Torino, n. 331 (Regolamento per l'esecuzione delle manomissioni e dei ripristini sui sedimi stradali della Città da parte dei concessionari del sottosuolo) e n. 317 (Regolamento del verde pubblico e privato della Città di Torino) – in particolare l'Allegato 8 "Manomissioni" – che si allegano al presente documento.

I lavori di manomissione del suolo pubblico dovranno avvenire, ove possibile, per isole di lavoro precluse al traffico, con esclusione dei frontisti e dei mezzi di soccorso e forze pubbliche. In questi casi l'Appaltatore dovrà provvedere alla delimitazione di tali aree con la posa di opportuna recinzione e segnaletica. Sarà altresì onere dell'Appaltatore richiedere ai competenti uffici comunali il rilascio delle necessarie autorizzazioni per l'occupazione del suolo pubblico, nonché predisporre, di concerto con i tecnici delle relative Circoscrizioni, le bolle di manomissione dei sedimi stradali e delle aree verdi (ove necessario) interessate dalla realizzazione dei lavori.

4.12 Modifiche alla viabilità urbana

All'atto della consegna delle aree e prima dell'installazione del cantiere (anche con riferimento allo spostamento dei sottoservizi) l'Appaltatore dovrà redigere il disegno dello stato di fatto e consistenza della sistemazione viabile e della segnaletica del territorio comunale interessato dalle modifiche dovute all'installazione del cantiere. Tale disegno dovrà essere sottoscritto dalle parti in segno di presa d'atto.

Successivamente l'Appaltatore dovrà proporre alla Direzione Lavori il progetto dettagliato delle aree di cantiere evidenziando gli interventi sulla viabilità esistente (segnaletica, impianti semaforici, attraversamenti pedonali). Tale progetto dovrà tendere a soluzioni che rendano minimi i disagi alla circolazione, alla cittadinanza ed alle attività commerciali. Il progetto dovrà includere lo studio della viabilità con la redazione del relativo progetto di segnaletica. Il suddetto progetto, completo del computo metrico estimativo, sarà sottoposto all'Approvazione del Committente e quindi trasmesso al competente ufficio comunale per l'emissione della relativa ordinanza.

L'Appaltatore sulla base del progetto approvato eseguirà:

- la fornitura e la collocazione nonché la successiva rimozione di tutta la segnaletica orizzontale e verticale necessaria per la corretta installazione del cantiere, intendendosi come tale quella da collocare e da eseguire sulle carreggiate stradali ove insistono i cantieri e in corrispondenza degli accessi alle carreggiate medesime, nonché quella relativa a tutte le modifiche viabili nelle strade circostanti e quella di preavviso collocata nelle aree limitrofe;
- la rimozione della preesistente segnaletica in contrasto con quella di cui al punto precedente e la sua ricollocazione in opera al termine dei cantieri.

Le attività di cui sopra saranno remunerate a prezzi di contratto.

La segnaletica rimossa e ritenuta non riutilizzabile o perché giudicata ammalorata o perché in contrasto con le vigenti norme del Codice della Strada, verrà consegnata al Comune di Torino, secondo le disposizioni che saranno impartite dalla D.L.

La segnaletica rimossa e ritenuta idonea al reimpiego dovrà essere presa in consegna dall'Appaltatore per il suo riutilizzo. Essa dovrà essere adeguatamente immagazzinata e conservata a cura dell'Appaltatore. Durante i lavori e prima di procedere al ripristino della segnaletica definitiva si definirà lo stato di conservazione della segnaletica a suo tempo ritenuta idonea al reimpiego, nonché il permanere della sua

conformità alle vigenti norme del Codice della Strada, per verificarne la riutilizzabilità. La segnaletica giudicata non riutilizzabile sarà riconsegnata al magazzino del reparto segnaletica del Comune, quella ritenuta riutilizzabile verrà posata in opera secondo le necessità. In questi casi verrà compensata la sola posa in opera a prezzi di contratto.

Al termine dei lavori, l'Appaltatore ripristinerà tutta la segnaletica orizzontale e verticale, secondo il progetto di viabilità finale da sottoporre all'approvazione del Committente.

Sino alla riconsegna alla Città delle aree interessate dai lavori, la manutenzione di tutta la segnaletica di cui sopra sarà onere dell'Appaltatore, con esonero del Committente da ogni responsabilità a riguardo. L'ordinaria manutenzione rientra negli oneri a carico dell'impresa. Resta inteso che se un cartello dovesse essere demolito accidentalmente per cause non imputabili all'Appaltatore, la sostituzione verrà remunerata con l'applicazione dei prezzi di contratto.

4.13 Alberi e arredo urbano

Con riferimento all'abbattimento ed alla rimozione degli alberi, l'Appaltatore dovrà provvedere alla pulizia dell'area ed al recupero del legname da opera da rendere al magazzino comunale. Qualora il legname prodotto dall'abbattimento delle piante di cui sopra non venga reso al magazzino comunale, alla Città dovrà essere corrisposto il relativo valore.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati specifici, in particolare alla Cartella 4.8 "Indagini sul verde e alberate" ed al "Capitolato Speciale D'appalto - Parte B.4 - Ambiente ed Alberate: Descrizione Delle Lavorazioni, Specifiche Tecniche e Prescrizioni" dove sono specificati gli esemplari arborei da rimuovere.

Nell'eventualità di dover rimuovere monumenti, lapidi, targhe o altri arredi commemorativi in quanto interferenti con le opere o con le aree di cantiere, l'Appaltatore dovrà preliminarmente acquisire le autorizzazioni dalle Autorità Competenti, quindi provvederne a propria cura e spesa allo smontaggio con identificazione e numerazione dei componenti ed al trasporto a deposito comunale, o altro luogo indicato dalla D.L.

5. MATERIALI E MEZZI

5.1 Macchine

Tutte le macchine che interverranno nella realizzazione dell'opera dovranno essere attentamente analizzate per verificarne l'adeguatezza alle condizioni, in cui si troveranno ad operare.

Le macchine per poter essere ammesse in cantiere dovranno essere marchiate CE e dotate di Manuale d'Uso e Manuale di Manutenzione in italiano.

In mancanza dell'omologazione è ammesso il loro uso soltanto se ne viene dimostrata la loro conformità alle norme di sicurezza. La conformità deve essere verificata da un esperto del settore o da un ente certificatore.

Tutti i mezzi in cantiere dovranno essere rispettosi dell'ambiente e ricadere nelle seguenti categorie:

- veicoli elettrici o ibridi funzionanti a motore elettrico;
- veicoli a metano o gpl (non ammessi in galleria);
- veicoli adibiti al trasporto merci (a benzina) di tipo omologato ai sensi della direttiva 91/441/CE e successive (non ammessi in sotterraneo);
- veicoli adibiti al trasporto merci (diesel) o persone se inferiori a 3,5t devono essere omologati ai sensi della direttiva 93/59/CE e successive;

Generatori e compressori devono essere ad alimentazione diesel; devono essere insonorizzati e marchiati CE e L_w , con misura delle emissioni sonore del produttore; non sono posizionabili in sotterraneo, salvo raccolta dei fumi di scarico in condotte che vengano a giorno. L'uso di generatori per la produzione di energia elettrica deve essere limitato alle fasi di installazione del cantiere, per poi allacciarsi alla rete elettrica urbana.

6. CONTROLLI DI QUALITA'

6.1 Generalità

Per le lavorazioni di questa categoria, è richiesta l'elaborazione di un Piano di Qualità di realizzazione, da sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori.

Inoltre, l'Impresa aggiudicataria dovrà inserire nei propri Piani Operativi di Sicurezza, da sottoporre alla approvazione ed alla verifica del Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione, la pianificazione delle lavorazioni di cantierizzazione con le condizioni, le sequenze, le modalità, le strumentazioni, i mezzi d'opera e

le fasi delle attività di controllo da svolgersi nella fase esecutiva. Il POS sarà quindi il documento di valutazione del Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione dell'organizzazione dell'Appaltatore per la cantierizzazione delle opere. Dovrà pertanto contenere in forma testuale e grafica tutte le informazioni necessarie ad un'agevole comprensione delle operazioni in cantiere, la documentazione di tutti i mezzi e materiali impiegati, l'elenco del personale presente in cantiere.

6.2 Monitoraggio ambientale

L'Appaltatore deve organizzare il Monitoraggio delle componenti ambientali secondo le prescrizioni contenute nel Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) elaborato nell'ambito del Progetto Definitivo (così come integrato nella successiva fase di progettazione esecutiva).

I contenuti, le modalità di esecuzione, le tempistiche di dettaglio e la consegna dei dati dovranno essere concordati, prima dell'inizio dei lavori, con ARPA Piemonte – Dipartimento di Torino e Servizio Adempimenti Tecnico Ambientali del Comune di Torino.

Il Piano di Monitoraggio delle componenti ambientali riguarderà:

- Atmosfera: le modalità di rilievo prevedranno misure ante operam, corso d'opera e post operam. La finalità del monitoraggio dell'atmosfera è valutare la qualità dell'aria attraverso la misura della concentrazione di determinati parametri (PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, C₆H₆, amianto aerodisperso, parametri meteo, etc.);
- Rumore e Vibrazioni: i monitoraggi acustici e vibrazionali saranno eseguiti in ante, corso e post operam con modalità e frequenze definite nel Piano di Monitoraggio e concordate con l'ARPA Piemonte Tali attività saranno volte a verificare l'efficacia degli interventi mitigativi eventualmente previsti nel SIA. Acque: l'Appaltatore dovrà monitorare le acque superficiali e sotterranee secondo le indicazioni riportate nel PMA. Inoltre, dovrà verificare la qualità delle acque immesse nelle fognature pubbliche, anche a monte e a valle dell'impianto di chiarificazione e trattamento delle stesse, con modalità da concordare con l'ARPA Piemonte.
- Alberate: l'Appaltatore dovrà svolgere un monitoraggio fitostatico delle alberature interferite dalle aree di cantiere, secondo quanto indicato nel P.M.A.

Per ulteriori dettagli, si rimanda agli specifici elaborati di progetto.

“Torino 2030 Sostenibile - Resiliente”.

Torino ha vissuto, sta vivendo e vivrà grandi trasformazioni urbanistiche che coinvolgono gli ambiti delle grandi opere, della viabilità e dell'edilizia privata.

Costruire una città sostenibile e resiliente significa anche porre attenzione all'ambiente urbano, all'infrastruttura verde della città, ai luoghi di aggregazione, al commercio di prossimità, ai luoghi culturali, all'accessibilità e alle connessioni fra quartieri.

Il coinvolgimento positivo e propositivo dei cittadini vicino al cantiere è quindi strategico.

Le aree dei lavori infatti non devono essere vissute come presenze di disturbo e di degrado anzi è essenziale che diventino un ambiente decorativo e descrittivo con una grande valenza comunicativa.

Questo è uno degli obiettivi di **“Torino 2030 Sostenibile - Resiliente”**.

CITTÀ DI TORINO
Gabinetto della Sindaca, Chiara Appendino

Coordinamento generale

Ruben Abbattista
Responsabile Comunicazione Istituzionale

Ideazione logo

Andrea Sassano
Fondazione Contrada Torino Onlus

Progetto Grafico

Sergio Martino
Ufficio Grafico Città di Torino

Fotografia del cantiere (il PROGETTO)

Paolo Amati
Ufficio Stampa Città di Torino

Hanno collaborato

Michele Chicco
Ufficio Stampa Città di Torino

Stampa

Civico Centro Stampa

2019
Città di Torino

Torino ha vissuto, e sta vivendo, grandi trasformazioni urbanistiche che coinvolgono gli ambiti delle grandi opere, della viabilità e dell'edilizia privata.

I cantieri che si trovano sul territorio cittadino sono i segni visibili e tangibili di queste trasformazioni.

È indispensabile che le aree dei cantieri non vengano vissute come presenze di disturbo e di degrado anzi è essenziale che diventino invece un ambiente decorativo e descrittivo con una grande valenza comunicativa. Infatti, l'obiettivo è creare, come già è accaduto in passato, un coinvolgimento anche emotivo dei cittadini al cantiere, massima espressione del cambiamento urbanistico e strutturale della Città, valorizzandone inoltre l'immagine generale.

In quest'ottica si colloca "Torino 2030 Sostenibile - Resiliente".

Costruire una città sostenibile e resiliente significa, tra l'altro, porre attenzione all'ambiente urbano, all'infrastruttura verde della città, ai luoghi di aggregazione, al commercio di prossimità, ai luoghi culturali, all'accessibilità e alle connessioni fra quartieri. Il coinvolgimento positivo e propositivo dei cittadini vicino al cantiere è quindi strategico.

La funzione del Manuale di coordinamento visivo dei cantieri è quella di fornire le indicazioni per caratterizzare tutti gli ambiti di lavoro in modo chiaro, riconoscibile e omogeneo - dalle strutture di recinzione, alla comunicazione esterna - e di trasformare le aree di cantiere in spazi informativi in grado di trasmettere ai cittadini le motivazioni del progetto ed essere un elemento di arredo urbano, durante i lavori.

Le indicazioni contenute nel manuale riconducono ad alcuni elementi grafici e strutturali costanti che contribuiscono a rendere i cantieri immediatamente identificabili come parti di un unico grande progetto di trasformazione della città con il logo "Torino 2030 Sostenibile - Resiliente".

Al manuale dovranno fare riferimento tutte le imprese incaricate per la realizzazione dei progetti e i soggetti, privati o istituzionali che si occuperanno della gestione, del coordinamento e della comunicazione dei cantieri.

Le cantierizzazioni legate ai finanziamenti Pon Metro sono escluse dal presente Manuale dei Cantieri, poiché soggette ad apposita regolamentazione in merito alla grafica e alla comunicazione.

Manuale dei Cantieri



Sommario

1 Elementi Base

MARCHIO

Le varianti in versione colore e positivo
Come usare il marchio
Come usare il marchio su fondo colorato
Le dimensioni

CARATTERI PER LA STAMPA

Carattere Istituzionale

2 Materiali per Cantieri

CARATTERISTICHE GENERALI

TIPOLOGIE DEI PANNELLI INFORMATIVI:

Informazioni di legge
Informazione istituzionale
Informazioni sul prodotto
Esempio di applicazione sulla recinzione del cantiere
Totem
Striscione

CANTIERI EDILIZI:

Stendardo



1

Elementi Base

PERCENTUALI DI SVILUPPO

Sulle aree dei cantieri di rilevanza pubblica e di trasformazione urbana la percentuale minima di sviluppo del marchio, anche suddividendo il logotipo dal marchio, deve raggiungere il 50 % della superficie della recinzione metallica.



1 Elementi Base

MARCHIO

Versione colore positiva

La versione colore del marchio
è in quadricromia



Torino 2030

SOSTENIBILE ▪ RESILIENTE

1 Elementi Base

MARCHIO

Versione positiva



Torino 2030

SOSTENIBILE ▪ RESILIENTE

1 Elementi Base

LOGOTIPO

Versione colore positiva

Il logotipo "Torino 2030 Sostenibile Resiliente"

é composto in carattere **SairaExtraCondensed**

La scritta **Torino 2030** con carattere **SairaExtraCondensed SemiBold**

La scritta **Sostenibile Resiliente** con carattere **SairaExtraCondensed (Normale)**

Il logotipo va stampato nel blu istituzionale !Pantone Blu Reflex)

Torino 2030
SOSTENIBILE ▪ RESILIENTE

1 Elementi Base

LOGOTIPO

Versione positiva

Il logotipo "Torino 2030 Sostenibile Resiliente"

é composto in carattere **SairaExtraCondensed**

La scritta **Torino 2030** con carattere **SairaExtraCondensed SemiBold**

La scritta **Sostenibile Resiliente** con carattere **SairaExtraCondensed (Normale)**

Torino 2030
SOSTENIBILE ▪ RESILIENTE

1 Elementi Base

MARCHIO

Come usare il marchio

Nel caso in cui sia necessario utilizzare il marchio in verticale la scritta Torino 2030 deve essere affiancata a sinistra dal pay off. In ogni caso deve essere accompagnato dalla versione orizzontale del marchio con il segno grafico.

Torino 2030
SOSTENIBILE • RESILIENTE



Torino 2030 SOSTENIBILE • RESILIENTE

Torino 2030
SOSTENIBILE • RESILIENTE

1 Elementi Base

MARCHIO

Come usare il marchio

Il marchio della città nasce in orizzontale con la scritta Torino 2030 sottolineata dal pay off a giustezza.

Dato l'artwork grafico del marchio questo é l'orientamento piú leggibile e quindi quello da utilizzare preferibilmente.

Torino 2030
SOSTENIBILE • RESILIENTE

Torino 2030 SOSTENIBILE • RESILIENTE



Torino 2030
SOSTENIBILE • RESILIENTE

1 Elementi Base

MARCHIO

Come usare il marchio
su fondo colorato

Il marchio deve sempre
essere impaginato dentro
una pagina grafica bianca,
anche quando lo sfondo
è di un altro colore.

Torino 2030
SOSTENIBILE ▪ RESILIENTE



Torino 2030
SOSTENIBILE ▪ RESILIENTE

1 Elementi Base

MARCHIO

Dimensioni del marchio

Per consentire la leggibilità,
è preferibile che il marchio non sia
inferiore ai **2 cm** di lunghezza.

Torino 2030
SOSTENIBILE • RESILIENTE

2 cm

Torino 2030
SOSTENIBILE • RESILIENTE

1 Elementi Base

CARATTERI PER LA STAMPA

Caratteri per i testi

Per la composizione di titoli, testi, didascalie
e segnaletica devono essere utilizzati
i caratteri **Myriad Pro** e **Myriad Bold**.

Myriad Pro

abcdefghijklmnopqrstuvwxy
ABCDEFGHIJKLMNOSTUVW
XYZ

Myriad Bold

abcdefghijklmnopqrstuvwxy
ABCDEFGHIJKLMNOSTUVW
XYZ

2

Materiali per Cantieri

CANTIERI DI RILEVANZA PUBBLICA E DI TRASFORMAZIONE URBANA

Le aree dei cantieri di rilevanza pubblica e di trasformazione urbana devono essere totalmente delimitati con una recinzione metallica di almeno 2 mt di altezza, adeguatamente zavorrata, di colore BLU RAL 5002 Sikkens per tutta la durata dei lavori e devono contenere gli spazi di informazione per la cittadinanza.

CANTIERI MINORI E TEMPORANEI CON RECINZIONI SUL SUOLO PUBBLICO

I cantieri minori e temporanei possono essere delimitati con le recinzioni a rete. In queste aree devono essere utilizzati uno o più totem, in prossimità di passaggi pedonalizzati, dove saranno inserite tutte le indicazioni utilizzate per i pannelli di comunicazione obbligatori per i cantieri di rilevanza pubblica e di trasformazione urbana.



Caratteristiche generali

PANNELLI INFORMATIVI

I pannelli informativi saranno applicati sulle recinzioni metalliche perimetrali dei cantieri e si svilupperanno in orizzontale con una misura di m 3x2.

Il materiale di supporto é costituito da una plancia di forex da 5 mm sulla quale verrà adesivizzata la stampa contenente le informazioni.

La stampa sarà realizzata con tecnica digitale su PVC da esterno (con garanzia di durata agli agenti atmosferici di almeno 1 anno).

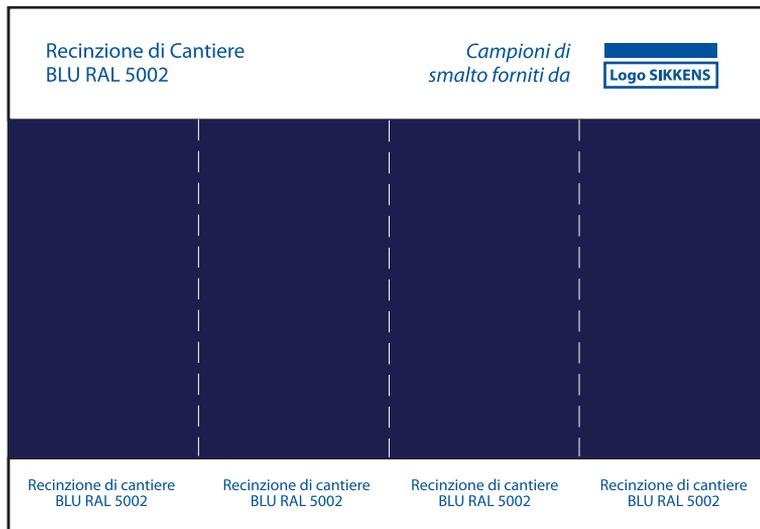
I pannelli saranno sempre applicati sulle strutture di recinzione rispettando un allineamento dal piano di calpestio.



*Pannelli informativi
PANTONE Reflex Blue*



*Pannelli informativi
PANTONE Process Yellow*



TIPOLOGIE DI PANNELLI INFORMATIVI

I pannelli informativi devono essere collocati sulle recinzioni metalliche esterne dei cantieri di rilevanza pubblica e di trasformazione urbana nelle vicinanze di passaggi pedonali o comunque in aree adiacenti al cantiere dove sia possibile sostare per comprendere agevolmente i contenuti informativi dei pannelli.

Deve essere seguita la seguente disposizione:

pannello INFORMAZIONE ISTITUZIONALE (2 x 2 mt);

pannello COM'ERA (3 x 2 mt);

pannello IL PROGETTO (3 x 2 mt);

pannello COME SARÀ (3 x 2 mt);

pannello INFORMAZIONI DI LEGGE (2 x 2 mt).

Per i pannelli informativi devono essere utilizzati come sfondo il Pantone Reflex Blue, per le titolazioni il Pantone Process Yellow e per i testi il bianco.

I pannelli devono essere posizionati a 30 cm. da terra per consentire ai passanti adeguata lettura .

AREE DI CANTIERE

Sulle aree dei cantieri di rilevanza pubblica e di trasformazione urbana i pannelli di comunicazione devono essere posizionati ogni 50/100 metri in prossimità di passaggi pedonalizzati.

Per i cantieri minori, i totem dovranno essere posizionati ogni 50/100 metri e comunque in prossimità dell'inizio e della fine del cantiere.



INFORMAZIONE ISTITUZIONALE

Questo pannello caratterizzerà, sempre, tutte le strutture di recinzione dei cantieri.

Spiegherà ai cittadini, attraverso un breve testo, senso e finalità dell'iniziativa "Torino 2030 SOSTENIBILE RESILIENTE"

2 mt

Torino 2030
SOSTENIBILE - RESILIENTE

Torino 2030
SOSTENIBILE - RESILIENTE

Torino 2030
SOSTENIBILE - RESILIENTE

Torino 2030 SOSTENIBILE RESILIENTE

Torino ha vissuto, sta vivendo e vivrà, grandi trasformazioni urbanistiche che coinvolgono gli ambiti delle grandi opere, della viabilità e dell'edilizia privata.

Costruire una città sostenibile e resiliente significa anche porre attenzione all'ambiente urbano, all'infrastruttura verde della città, ai luoghi di aggregazione, al commercio di prossimità, ai luoghi culturali, all'accessibilità e alle connessioni fra quartieri.

Il coinvolgimento positivo e propositivo dei cittadini vicino al cantiere è quindi strategico.

Le aree dei lavori infatti non devono essere vissute come presenze di disturbo e di degrado anzi è essenziale che diventino un ambiente decorativo e descrittivo con una grande valenza comunicativa.

Questo è uno degli obiettivi di "Torino 2030 Sostenibile Resiliente".

 CITTÀ DI TORINO

2 mt

INFORMAZIONE DI LEGGE

Questo pannello riporterà le informazioni previste ai sensi di legge.

Contenuti:

- **Oggetto del cantiere**
- **Progettisti**
- **Direzione lavori**
- **Società appaltatrici**
- **Importo lavori**
- **Durata del cantiere**
- **Ecc...**

Torino 2030
SOSTENIBILE - RESILIENTE



TITOLO OPERA

Approvazione lavori
Aggiudicazione
Data consegna lavori
Durata prevista lavori (giorni)
Importo lavori a base di gara
Finanziamento
Responsabile del Procedimento e dei lavori

Progettazione

Ideazione progetto
Elaborazione progetto
Progetto opere architettoniche
Progetto opere strutturali
Collaboratori
Coordinatori della sicurezza in fase di progettazione
Consulente opere strutturali

Direzione lavori

Direttore lavori
Direttore operativo opere strutturali
Direttore operativo impianti
Ispettore di cantiere
Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione

Impresa Appaltatrice
Direttore tecnico di cantiere
Subappaltatori



2 mt

2 mt

COM'ERA

Nel pannello COM'ERA deve essere narrato con apposito testo descrittivo l'edificio/struttura con cenni storici legati al quartiere e a Torino evidenziando gli aspetti architettonici e urbanistici dell'area di cantiere. Devono essere inserite delle immagini di commento.

2 mt

Torino 2030

SOSTENIBILE • RESILIENTE



Torino 2030
SOSTENIBILE • RESILIENTE

COM'ERA



3 mt

IL PROGETTO

Nel pannello IL PROGETTO deve essere descritto l'andamento delle fasi dei lavori evidenziando tutti gli aspetti migliorativi architettonici e urbanistici in termini di recupero o riqualificazione dell'ambito interessato attraverso un testo di commento e disegni di progetto.

2 mt

Torino 2030

SOSTENIBILE • RESILIENTE



Torino 2030
SOSTENIBILE • RESILIENTE

IL PROGETTO



3 mt

COME SARÀ

Nel pannello COME SARÀ deve essere inserito almeno un rendering dell'opera finita con un testo di commento. Il pannello deve approfondire le caratteristiche che mostrino come l'opera si presenterà a lavori conclusi e come si inserirà nel contesto urbano, con illustrazioni e simulazioni fotorealistiche/rendering.

2 mt



3 mt

ESEMPIO DI APPLICAZIONE SULLA RECINZIONE DEL CANTIERE



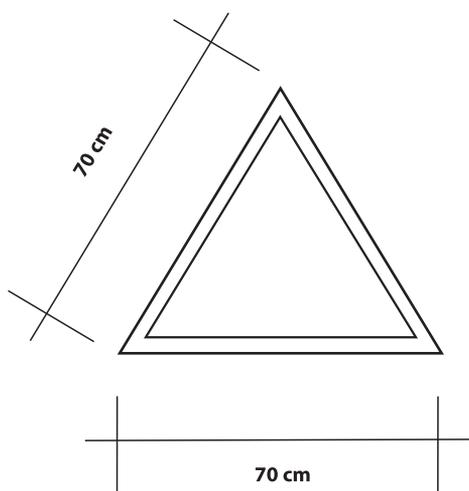
TOTEM

A base triangolare

Il totem è alto 2,5 mt e ha una base triangolare con lati di 70 cm.

Su ogni facciata devono comparire a partire dall'alto: il marchio di Torino 2030 nei due orientamenti proposti dalla figura, il testo descrittivo dell'iniziativa e il logo della Città.

Potranno essere concordate dimensioni differenti in funzione del contesto ambientale di inserimento del totem.



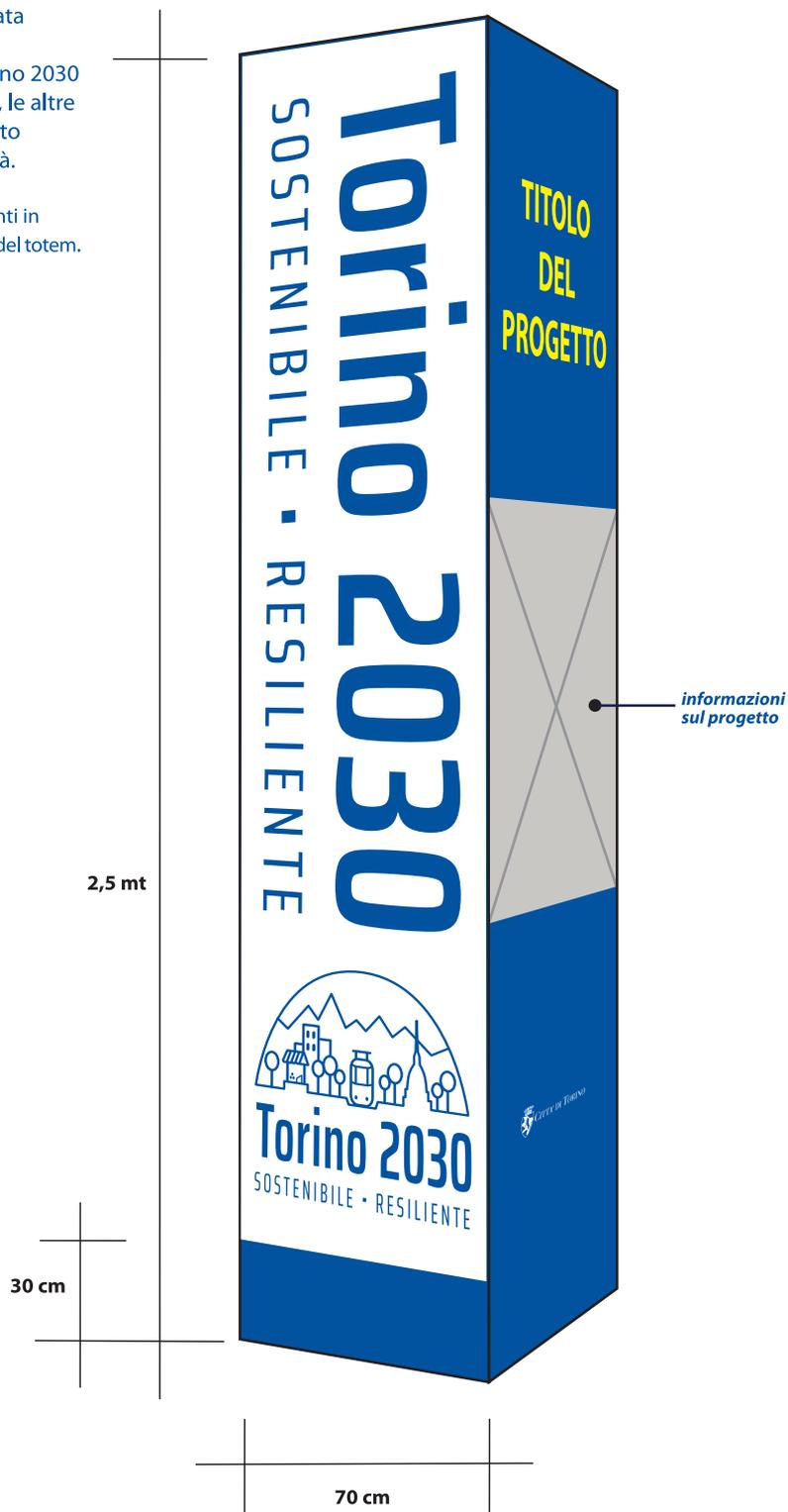
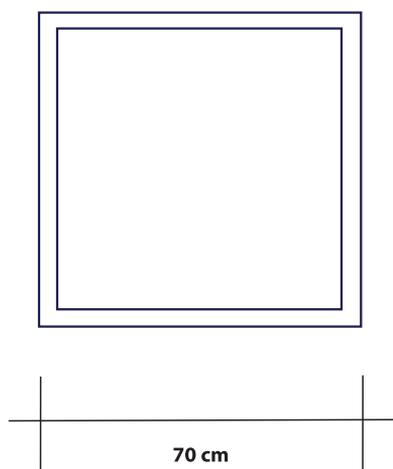
TOTEM

A base quadrata

Il totem é alto 2,5 mt e ha una base quadrata con lati di 70 cm.

Due facce devono riportare il marchio Torino 2030 nei due orientamenti proposti dalla figura, le altre due su fondo blu, il titolo, il sottotitolo, testo descrittivo dell'iniziativa e il logo della Città.

Potranno essere concordate dimensioni differenti in funzione del contesto ambientale di inserimento del totem.



STRISCIONE

Esempi di striscione.



8 mt

1 mt



8 mt

1 mt

Torino 2030

SOSTENIBILE • RESILIENTE



Cantieri edilizi

Tutte le coperture in PVC dei ponteggi saranno caratterizzate, sul lato destro della superficie, dal punto estremo superiore al punto estremo inferiore, da una banda verticale raffigurante il logo "Torino 2030 SOSTENIBILE-RESILIENTE".

Le dimensioni della banda variano a seconda delle dimensioni delle superfici occupate ma resteranno proporzionali alle dimensioni di base di m1 x 4.

4 mt

Torino 2030
SOSTENIBILE • RESILIENTE



1 mt

CITTA' DI TORINO

SERVIZIO CENTRALE CONSIGLIO COMUNALE

RACCOLTA DEI REGOLAMENTI MUNICIPALI

**REGOLAMENTO PER L'ESECUZIONE DELLE MANOMISSIONI E DEI
RIPRISTINI SUI SEDIMI STRADALI DELLA CITTA' DA PARTE DEI
CONCESSIONARI DEL SOTTOSUOLO**

Approvato con deliberazione del Consiglio Comunale in data 12 ottobre 2009 (mecc. 2009 02511/033) esecutiva dal 26 ottobre 2009.

INDICE

CAPO 1 - NORME GENERALI

Articolo 1 - Applicazione e prescrizioni generali

Articolo 2 - Concessionari e attività preliminare alla manomissione

CAPO 2 - NORME TECNICHE

Articolo 3 - Disposizioni di carattere generale

Articolo 4 - Disposizioni relative alla tenuta del cantiere

Articolo 5 - Disposizioni tecniche per le manomissioni

Articolo 6 - Disposizioni tecniche per la colmatatura degli scavi

Articolo 7 - Disposizioni generali per l'esecuzione dei ripristini definitivi

Articolo 8 - Prescrizioni tecniche particolari circa l'esecuzione dei ripristini.

CAPO 3 - RESPONSABILITA'

Articolo 9 - Consegna delle aree e ripresa in carico da parte della Città. Responsabilità

Articolo 10 - Collaudi - Accettazione

CAPO 4 - SPESE DI RICOSTRUZIONE DELLA SEDE STRADALE

Articolo 11 - Spese di ricostruzione della sede stradale. Criteri

Articolo 12 - Contabilizzazione e decontazione

CAPO 5 - VERIFICHE E SANZIONI

Articolo 13 - Azione di verifica

Articolo 14 - Sanzioni

Articolo 15 - Intervento da parte della Città per inadempienze del concessionario

CAPO 6 - NORME PARTICOLARI E TRANSITORIE

Articolo 16 - Norme particolari per le manomissioni ed il ripristino

Articolo 17 - Applicazione e regime transitorio

CAPO 1 - NORME GENERALI

Articolo 1 - Applicazione e prescrizioni generali

- a) Il presente regolamento si applica a tutti coloro che per l'esecuzione di lavori devono manomettere il suolo pubblico siano Enti, anche pubblici, Società, persone fisiche e persone giuridiche. Si applica anche alle Società di cui il Comune è socio di maggioranza o minoranza. Non si applica alle imprese a cui il Comune affida pubblici appalti.

- b) Tutte le attività connesse alla posa, riparazione, sostituzione di servizi posti nel sottosuolo pubblico devono avvenire nel rispetto delle relative norme di sicurezza (CEI, UNI, CIG, ecc.), del Codice della Strada e relativo Regolamento di esecuzione, nonché delle modalità tecnico operative contenute nel presente regolamento.
- c) Le manomissioni del suolo pubblico sono subordinate alla emissione di regolare concessione, con le conseguenze che ne derivano in merito al regime generale delle concessioni, all'applicazione del canone per l'occupazione del suolo pubblico ed al relativo pagamento dello stesso, disciplinati da appositi atti comunali. Sono fatte salve le esenzioni previste per legge per l'occupazione temporanea e permanente del suolo e sottosuolo pubblico.

Articolo 2 - Concessionari e attività preliminare alla manomissione

- a) Gli utenti del sottosuolo prima dell'inizio di qualunque attività devono ottenere tutte le concessioni e autorizzazioni amministrative necessarie per l'esecuzione dei lavori e aver assolto il pagamento del canone di occupazione suolo pubblico per le aree di cantiere relative all'esecuzione dei lavori e del ripristino.

La richiesta deve contenere il progetto, anche su supporto informatico, opportunamente quotato e, per la posa di nuovi impianti, deve essere preceduta dalle necessarie indagini anche a mezzo di sondaggi per verificare la compatibilità con gli altri sottoservizi presenti.
- b) Entro il mese di febbraio di ogni anno i concessionari devono consegnare alla Città i programmi annuali di intervento che verranno esaminati e valutati dai tecnici comunali preposti per la relativa approvazione.

Gli allacciamenti alle utenze non sono assoggettabili a programmi annuali.

Oltre al programma annuale di manomissione i contenuti del sottosuolo devono presentare dei programmi operativi bimestrali con la puntuale indicazione delle tempistiche degli interventi comprensivi delle eventuali interferenze con la viabilità e con indicazione del periodo e degli orari di lavoro previsti.

Successivamente ogni intervento del programma deve essere portato in discussione nella apposita commissione istituita presso il Comune, al fine di determinare tempi, modalità di esecuzione, necessità di ordinanze viabili e quant'altro si renda necessario.

In particolare l'Ufficio Tecnico indicherà in modo tassativo il tempo di esecuzione dell'intervento di manomissione comprendente i lavori di ripristino definitivo.

Se i lavori interessano strade su cui transitano mezzi di pubblico trasporto devono essere presi preventivi accordi con l'Ente interessato.

Se la richiesta di manomissione interessa sedimi ove sono presenti sensori di traffico (spire) devono essere presi preventivi accordi con l'Ente interessato alla gestione dei sensori per evitare danni ai sensori stessi o per la loro successiva ricostruzione in caso la manomissione od i successivi lavori di ripristino definitivo ne provochino la distruzione.

Se la manomissione interessa sedimi destinati a verde o banchine in terra battuta o alberate, il concessionario deve prendere preventivi accordi con il Settore Verde Pubblico - Gestione, nel rispetto del vigente regolamento del verde pubblico e privato n. 317.

Prima di dare inizio ai lavori il concessionario deve dare relativa comunicazione agli uffici competenti (Suolo Pubblico, Polizia Municipale, Circoscrizioni, ecc.) che coordinano le attività con le altre presenti sul territorio al fine di arrecare il minor disagio possibile alla cittadinanza.

Se la richiesta di manomissione interessa sedimi appena sistemati, essa deve essere rilasciata solo nei casi debitamente motivati di assoluta necessità.

- c) Prima di iniziare la manomissione sia per la posa di nuovi impianti, sia per la riparazione e/o manutenzione di impianti esistenti, deve essere "attivata" la bolla di autorizzazione alla manomissione attraverso il programma informatico, completa di tutti i dati richiesti. In particolare deve essere indicato l'inizio e la fine della manomissione e del ripristino stradale.
- d) La "bolla di manomissione" è il documento informatico con il quale il concessionario, una volta ottenute le necessarie concessioni e autorizzazioni, inserisce nel programma di gestione informatica delle manomissioni i dati relativi al lavoro da eseguire: la tipologia di intervento (manutenzione, guasto, allacciamenti), la localizzazione (indirizzo preciso: tratto, numero civico, numero palo luce o semaforo, ecc.), le quantità e la descrizione delle superfici di manomissione e di cantiere e, in particolare, la durata dei lavori con relativa data presunta di inizio e fine lavori.

Su tale documento devono inoltre essere indicati eventuali ritardi, richieste di proroghe, sospensioni e riprese lavori e devono, in particolare, essere inserite le date di effettivo inizio e ultimazione dei lavori.

Se ritenuto necessario, il concessionario deve fornire a proprie spese un rilievo fotografico della zona interessata dalla manomissione.

Ogni bolla deve essere corredata di una "corografia" formato A4 in scala opportuna (oltre che ad una copia su supporto informatico) con evidenziato in colore il tracciato e/o le superfici oggetto dell'intervento.

Per gli interventi indifferibili di emergenza (guasti tecnici o rotture improvvise) deve essere rilasciata apposita concessione annuale per l'occupazione del suolo pubblico. E' comunque indispensabile la segnalazione per iscritto, anche a mezzo fax, all'Ufficio Coordinamento Interventi ed al Corpo di Polizia Municipale, entro le ventiquattro ore dall'inizio della manomissione del suolo pubblico, con l'indicazione del motivo e luogo dell'intervento nonché il nome della ditta appaltatrice utilizzata per l'intervento.

A questa prima comunicazione deve seguire, nei successivi 5 giorni naturali consecutivi, esclusi sabato, domenica e festivi, la presentazione di bolla di manomissione e di idonea documentazione fotografica della zona interessata dalla manomissione e planimetria dell'area dell'intervento.

I richiedenti devono ottemperare a tutte le prescrizioni indicate dagli Uffici al fine di effettuare l'intervento in condizioni di sicurezza per il traffico veicolare e/o pedonale pubblico e privato.

Non sono ammesse richieste di manomissione dichiarate urgenti qualora non sussistano reali condizioni di emergenza e/o pericolo imminente.

Per i nuovi allacciamenti deve parimenti essere rilasciata concessione annuale per l'occupazione del suolo pubblico.

- e) Prima di iniziare i lavori se ne deve dare avviso a tutti gli altri concessionari del suolo e del sottosuolo e prendere con essi gli opportuni accordi affinché non sia recato nocumento ai cavi, alle tubazioni ed ai manufatti esistenti.

In caso di attraversamento di linee tranviarie o simili, devono essere rispettate le normative e prescrizioni poste dall'Ente interessato titolare delle linee.

La data di effettivo inizio e quella di ultimazione dei lavori, compresa l'esecuzione del ripristino definitivo, deve essere inserita sulla bolla di manomissione prima dell'inizio degli stessi. In caso di ritardo nell'ultimazione dei lavori rispetto alla data come sopra indicata, il concessionario è comunque tenuto a dare comunicazione a mezzo fax ai responsabili tecnici di Circoscrizione, dell'avvenuta tardiva fine dei lavori, fermo restando l'applicazione della relativa sanzione di cui all'articolo 14 per il ritardo, fatte salve eventuali proroghe ai sensi dell'articolo 3 comma b.

Le comunicazioni alla Città devono avvenire da parte di uffici e organi del concessionario, mai da parte delle loro imprese appaltatrici.

- f) Se la manomissione interessa sedimi privati, deve essere richiesta preventiva autorizzazione ai proprietari del suolo.
- g) Il ripristino deve essere direttamente eseguito a cura e spese del concessionario secondo le norme tecniche esecutive previste negli articoli 7 e 8 del presente regolamento, fatto salvo quanto stabilito dall'articolo 15.
- h) Le infrastrutture posate nel sottosuolo sono di proprietà dei concessionari che sono responsabili della manutenzione e ne devono curare nel tempo la corretta conservazione.

Il concessionario è tenuto a rimuovere a sue spese le infrastrutture dismesse e non più utilizzate qualora la Città lo richieda per motivi di pubblica utilità.

Il concessionario è tenuto, su richiesta del Comune, a spostare o modificare gli impianti collocati, sulla base di un progetto preventivamente approvato dal Comune, qualora ciò sia ritenuto necessario per la realizzazione di opere pubbliche o per modifiche della sistemazione stradale.

Gli oneri relativi ai lavori necessari per tali spostamenti saranno regolati come segue:

1. per gli interventi per la posa di infrastrutture eseguiti da enti o società che operano in regime di convenzioni stipulate direttamente con la Città, varrà quanto descritto nell'ambito delle rispettive convenzioni e, se non esplicitamente indicato, come nel seguente capoverso.

Tutti i concessionari sono tenuti a spostare o modificare gli impianti collocati a loro completa cura, sulla base di un progetto preventivamente approvato dal Comune con computo metrico dedotto dall'elenco prezzi della Regione Piemonte vigente all'atto della concessione.

Le spese occorse allo spostamento degli impianti sono rimborsate dalla Città, al netto di uno sconto che tenga conto del residuo ammortamento tecnico in ragione del 3% per ogni anno di vetustà dell'impianto da spostare.

Gli oneri di eventuali spostamenti provvisori necessari prima della collocazione definitiva degli impianti da spostare saranno riconosciuti ai concessionari, con le modalità suddette ma senza ulteriore sconto;

2. per gli interventi per la posa di infrastrutture eseguiti da enti o società non rientranti nel precedente caso, i lavori necessari per gli spostamenti definitivi sono a cura del Comune per quanto riguarda le opere edili e stradali (scavo, posizionamento di polifore, ripristino definitivo dei sedimi, ecc.), mentre è a totale onere e cura del concessionario la posa dei nuovi impianti (cavi, paline, allacciamenti, ecc.). Nel caso in cui il Comune non potesse realizzare le opere edili e stradali, le stesse verranno realizzate dai concessionari a cui verranno riconosciuti i relativi costi.

Per quanto riguarda gli spostamenti provvisori necessari degli impianti prima della loro collocazione definitiva, valgono le indicazioni suesposte per quanto riguarda le opere edili e stradali mentre verranno riconosciuti al concessionario i costi per la posa degli impianti;

3. le prescrizioni dei precedenti punti 1 e 2 valgono anche nel caso di realizzazione di opere da parte di privati sotto il suolo pubblico in ragione di concessione del diritto di superficie (parcheggi pertinenziali, ecc.).

Resta inteso che le opere edili e stradali necessarie verranno realizzate dal concessionario stesso.

I concessionari sono tenuti a provvedere, a loro totale onere, allo spostamento, sia provvisorio che definitivo, dei sottoservizi che interferiscono con interventi di ripristino e messa in sicurezza di impalcati stradali comprese le opere necessarie da realizzarsi sul suolo nei tratti precedenti e successivi agli impalcati stessi.

- i) La Città, per esigenze proprie di interesse generale, può richiedere al concessionario in fase di programmazione di inserire negli scavi degli interventi autorizzati delle polifore con eventuali pozzetti e/o opere ausiliarie da pozzattiere.

In tal caso il concessionario si impegna a realizzare contestualmente ai propri lavori le opere suddette che gli verranno compensate, a scomputo degli oneri da esso dovuti, sulla base dell'elenco prezzi della Regione Piemonte vigente all'atto della concessione con l'applicazione di un ribasso, determinato in analogia a quanto indicato nella deliberazione in vigore relativa agli oneri a scomputo per la realizzazione di opere di urbanizzazione da parte di privati. In ogni caso il concessionario è tenuto a consentire, a titolo gratuito, la posa di polifore da parte della Città, durante l'esecuzione di lavori.

CAPO 2 - NORME TECNICHE

Articolo 3 - Disposizioni di carattere generale

I lavori di manomissione e ripristino devono iniziare ed essere condotti secondo le tempistiche concordate con la Città ed indicate sulla bolla di manomissione; devono inoltre essere condotti in modo da intralciare il meno possibile la circolazione stradale. I lavori devono essere eseguiti da operatori qualificati per le categorie "opere generali" (OG) e/o categorie di "opere specializzate" (OS) o comunque in possesso dei requisiti di qualificazione previsti dai vigenti od emanandi provvedimenti legislativi. Tali imprese devono applicare il CCNL previsto per i rispettivi comparti (per il settore edile si richiama l'applicazione anche del CPL della Provincia di Torino) e devono adempiere regolarmente alle incombenze previste in materia di previdenza ed assicurazione. Con la bolla di manomissione il concessionario comunica i nomi degli appaltatori delle opere di rete e delle opere di ripristino stradale e/o A.T.I. e subappaltatori, indicando per le imprese edili il numero di iscrizione alla Cassa Edile ed i riferimenti del DURC relativo al cantiere.

- a) I lavori relativi ad ogni singolo intervento, ripristino definitivo compreso, devono essere ultimati entro il tempo indicato nella bolla di manomissione di cui all'articolo 2e.

Qualora i lavori non vengano ultimati o non eseguiti entro detto periodo, tenuto conto delle proroghe concesse, si applicano le sanzioni previste al successivo articolo 14.

E' inoltre applicato il canone sanzionatorio previsto dall'articolo 18 comma 2 del regolamento C.O.S.A.P. (Canone di Occupazione Spazi ed Aree Pubbliche) per occupazione abusiva.

Le proroghe devono essere richieste formalmente alla Città, per mezzo della Agenda Utente del sistema informazione, e circostanziate nelle motivazioni. Non possono produrre uno slittamento dei tempi di ultimazione dei lavori se non autorizzate dagli Uffici preposti della Città, i quali comunicheranno tempestivamente l'eventuale diniego sull'Agenda. L'accettazione della proroga sarà verificabile entro due giorni lavorativi successivi sui campi appositi del sistema informativo.

- b) L'occupazione del sottosuolo è consentita in forma precaria ed assoggettata al pagamento del relativo canone secondo quanto stabilito dal regolamento C.O.S.A.P. (Canone di Occupazione Spazi ed Aree Pubbliche) vigente.

- c) Le manomissioni devono essere eseguite a tratti di lunghezza concordata con i tecnici della Città, di norma ogni bolla non può superare 500 mq. o lunghezza di 300 metri. In casi particolari la lunghezza non deve essere superiore ad un isolato.
- d) Qualora i guasti o le fughe di fluidi interessino improvvisamente i sedimi stradali, ogni intervento provvisorio di sicurezza alla viabilità pubblica e privata compete esclusivamente ai concessionari che devono intervenire nel modo più sollecito.
A tale scopo questi devono comunicare i numeri telefonici di pronto intervento alle centrali operative di VV.UU. e VV.F. o altro al fine di poter essere reperibili in qualsiasi momento.
Ogni responsabilità civile e penale relativa ad incidenti causati da cedimenti del piano stradale per guasti o fughe di impianti di sottoservizi è da attribuirsi esclusivamente ai concessionari.
In caso di inadempienza può intervenire il Comune con strutture proprie o con imprese appaltatrici, addebitando al concessionario, oltre al costo effettivo, la sanzione prevista al successivo articolo 15.
- e) Sui programmi presentati ad inizio anno, i concessionari devono valutare le eventuali sovrapposizioni con altri soggetti concessionari o con cantieri della Città. Se i sedimi di un tratto di strada sono interessati da manomissioni da parte di più concessionari, questi devono eseguire gli interventi coordinati al fine di realizzare un solo ripristino. In questo caso la Città provvede a concordare con le Società interessate la soluzione di ripristino definitivo tecnicamente più idonea e le relative dimensioni. Non sono rilasciate bolle di manomissione per sedimi di recente ripristino per i quali non è stata valutata efficacemente la programmazione.
- f) Per alcuni interventi di carattere speciale (zone centrali - vie o corsi con traffico veicolare molto intenso), l'Amministrazione può chiedere orari particolari di intervento secondo le esigenze.
Inoltre per la realizzazione di alcuni particolari interventi di manomissione, può essere richiesta l'esecuzione nei giorni festivi. In entrambi i casi sarà data comunicazione preventiva alle OO.SS. Provinciali di categoria.
- g) Poiché nella realizzazione delle infrastrutture vengono collocati chiusini per l'accesso e la manutenzione alle reti, si evidenzia che tali manufatti sono parte integrante dell'impianto autorizzato e quindi i concessionari stessi sono tenuti alla loro puntuale manutenzione sollevando la Città da ogni responsabilità civile e/o anche penale per gli eventuali danni che possano cagionare. La posa dei chiusini deve avvenire a regola d'arte, ovvero secondo allineamenti ortogonali alla direzione dei marciapiedi e/o delle carreggiate e perfettamente in quota con i sedimi viabili.
Tutti i concessionari hanno l'obbligo di mantenere in quota i chiusini appartenenti ad altri concessionari nelle aree interessate da interventi di ripristino definitivo, previa comunicazione al proprietario della presenza dei chiusini sull'area di manomissione.
- h) Il concessionario è tenuto, su segnalazione degli uffici preposti (Corpo di Polizia Municipale, tecnici circoscrizionali, Settori comunali), in caso di inconvenienti relativi ai suddetti manufatti ad intervenire tempestivamente con proprie strutture alla risoluzione degli stessi entro e non oltre le 48 ore dalla richiesta. In caso di inadempienza l'intervento sarà eseguito dalla Città, con addebito come al successivo articolo 15.

Articolo 4 - Disposizioni relative alla tenuta del cantiere

Il concessionario è responsabile della tenuta del cantiere durante tutta la durata dei lavori, dal momento della presa in carico sino alla rimozione della recinzione. Dovrà vigilare che esso sia sempre recintato secondo le norme vigenti per non arrecare pericoli ai pedoni ed alla viabilità, nonché

mantenuto in ordine e pulizia.

Ognuna delle seguenti inadempienze sarà sanzionata secondo quanto disposto dall'articolo 15 del presente regolamento.

- a) Durante l'esecuzione dei lavori deve essere predisposta a cura e sotto la responsabilità del concessionario idonea segnaletica stradale di preavviso di lavori in corso ed i ripari della zona stradale in cui viene effettuato l'intervento secondo i disposti del D.Lgs. 30 aprile 1992 n. 285 "Nuovo Codice della Strada", D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 492 "Regolamento di Esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada", D.P.R. 16 settembre 1996 n. 610 e s.m.i., riportante altresì gli estremi della concessione.
Ciascun Ente/Società in quanto committente dei lavori deve attenersi ai disposti del D.Lgs. 81/2008 e successive modifiche e le indicazioni imposte dal proprio responsabile della sicurezza.
- b) I segnali ed i ripari, che devono essere visibili a conveniente distanza, devono essere mantenuti fino all'ultimazione del ripristino, la pulizia del cantiere e la rimozione della recinzione.
A norma delle vigenti regolamentazioni e della normativa contrattuale e legislativa in merito, tutti i segnali ed i ripari devono riportare ben visibile il nome dell'impresa esecutrice dei lavori; all'inizio del cantiere deve altresì essere apposto un cartello portante l'indicazione: "LAVORI ESEGUITI PER CONTO DI ...", accompagnata dalla denominazione dell'Ente, Azienda, Società per conto della quale sono eseguiti i lavori, eventuali subappaltatori, la durata presunta dei lavori, il referente tecnico con recapito telefonico.
- c) Devono altresì essere collocati tutti gli eventuali segnali di preavviso e di deviazione con l'indicazione dei percorsi alternativi per la viabilità e, eventualmente, per i pedoni.

Articolo 5 - Disposizioni tecniche per le manomissioni

La manomissione e l'esecuzione degli scavi necessari alla posa degli impianti deve essere eseguita secondo le seguenti prescrizioni tecniche:

- a) per l'esecuzione dei lavori è tassativamente vietato l'utilizzo di mezzi meccanici cingolati ad eccezione di mezzi di ridotte dimensioni con cingoli in gomma. In alcuni casi di interventi su sedimi stradali a sezione ridotta o particolarmente trafficati nonché su aree centrali pedonali può essere richiesto l'uso di escavatori di medie o piccole dimensioni (tipo bob-cat). In casi particolari, debitamente motivati, la Città può consentire la deroga a quanto sopra addebitando al concessionario l'onere del rifacimento integrale di tutti i sedimi eventualmente danneggiati;
- b) nel caso di pavimentazione bituminosa, la rottura della stessa deve essere eseguita in modo che i bordi si presentino con un profilo regolare usando possibilmente macchine a lama rotante o utilizzando una macchina fresatrice a freddo;
- c) nel caso di pavimentazioni lapidee (cubetti, masselli, lastre, guide, cordoni, ecc.) gli elementi devono essere rimossi a mano o con mezzi idonei per non creare danni.

Gli elementi così rimossi devono essere accuratamente accatastati in prossimità dello scavo, e in luoghi indicati dalla Città, in posizione tale da non ostacolare il transito veicolare e pedonale, con l'opportuna segnaletica.

Potrà essere richiesto che gli elementi lapidei delle pavimentazioni stradali rimossi per l'esecuzione dei lavori, per motivi di sicurezza viabile o per pubblica incolumità, siano trasportati a cura e spese del concessionario presso il Magazzino Municipale di zona od altra località, da dove saranno riportate in sito per il ripristino, sempre a cura e spese del concessionario.

Gli elementi lapidei devono essere numerati progressivamente prima della loro rimozione in modo da agevolare il loro ricollocamento nella giusta posizione.

In loco devono essere lasciati riferimenti sufficienti per ricollocare gli elementi stessi (lastre-masselli) nella loro originaria posizione.

Le pavimentazioni in cubetti devono essere rimosse a mano ed i cubetti laterali, non interessati dalla manomissione, devono essere bloccati da uno scivolo di materiali bituminosi che ne impedisca il disfacimento durante le opere di scavo.

Nel caso di rottura o danneggiamento di materiali lapidei o di altra natura il concessionario è tenuto alla loro sostituzione con altri di nuova fornitura o forniti dalla Città che provvede ad addebitare il relativo costo;

- d) nel caso di scavi da effettuarsi in prossimità di alberate, deve essere rispettata la "Regolamentazione dei lavori di ripristino conseguenti a manomissioni di aree verdi e alberate" e le disposizioni impartite dal Settore Verde Pubblico-Gestione (regolamento del verde pubblico e privato n. 317);
- e) al fine di evitare danneggiamenti ai servizi in occasione di future manomissioni del suolo, il concessionario deve porre sopra al cavo e/o tubazione ad una profondità non inferiore a cm. 50 un opportuno manufatto o nastro colorato con indicato il proprio nome ed il tipo di infrastruttura. Sono valutate dalla Città situazioni particolari in deroga (scavo non distruttivo);
- f) la quota superiore di eventuali solette, di pozzetti tecnologici in calcestruzzo o simili deve essere di circa 25 cm. sotto il piano di calpestio del marciapiede o della banchina, salvo diverse indicazioni fornite dalla Città. In caso di mancato rispetto di quanto sopra citato, non preventivamente comunicato per iscritto alla Città per la necessaria autorizzazione in deroga, il concessionario potrà essere sanzionato ai sensi dell'articolo 15. In casi particolari potrà essere richiesto il completo ricollocamento del manufatto a cura e spese del concessionario stesso;
- g) le manomissioni interessanti passaggi privati nella zona collinare devono essere ripristinate tempestivamente (per evitare erosioni o trascinamento di materiali terrosi su strade comunali) a cura e spesa dei richiedenti;
- h) la Città si riserva il diritto di chiedere ai concessionari tutte le applicazioni tecniche tendenti a migliorare l'opera di ripristino delle pavimentazioni o ad imporre particolari tecnologie di scavo (in particolare tecnologie non distruttive: es. spingitubo, microtunneling, ecc.);
- i) salvo casi eccezionali autorizzati o norme che regolano specifiche attività di settore (da comunicare preventivamente alla Città) gli impianti non possono essere collocati ad una profondità inferiore a cm. 80 dall'estradosso del manufatto. In caso di mancato rispetto di quanto sopra citato, non preventivamente comunicato per iscritto alla Città per la necessaria autorizzazione in deroga, il concessionario potrà essere sanzionato ai sensi dell'articolo 15. In casi particolari potrà essere richiesto il completo ricollocamento del manufatto a cura e spese del concessionario stesso;
- j) in occasione della presenza contemporanea di più servizi devono essere rispettate le norme in vigore (UNI, CEI, Ministeriali, ecc.) che regolamentano il reciproco posizionamento dei vari servizi. Ogni committente è responsabile dell'esecuzione dei propri lavori nel rispetto della predetta normativa.

Articolo 6 - Disposizioni tecniche per la colmatatura degli scavi

La colmatatura degli scavi deve essere eseguita a cura, spese e sotto la responsabilità del concessionario secondo le seguenti prescrizioni tecniche:

- a) il riempimento dello scavo, da effettuarsi da parte del concessionario, deve essere fatto completamente con misto granulare anidro di cava o di fiume (naturale) di nuovo apporto, corrispondente alle prescrizioni tecniche adottate dalla Città, e secondo le modalità esecutive ivi contenute. Il materiale "naturale" prima descritto deve essere impiegato per tutta la profondità dello scavo, tenendo presente che non può mai avere spessore inferiore a 65-70 cm. misurati dal punto più basso del profilo della strada, salvo i casi concordati dalla Città.
- Tale riempimento deve essere eseguito a strati, di spessore di circa 20 cm., con adeguato innaffiamento in modo da favorire il costipamento dei materiali che deve essere eseguito con macchinari idonei.
- Conseguentemente il materiale di risulta dello scavo non deve essere accumulato ai lati del medesimo, ma immediatamente caricato e trasportato in discarica.
- E' facoltà della Città richiedere, e/o del concessionario proporre, al fine di accelerare il ripristino definitivo, l'impiego di materiali diversi (misto cementato, cls, conglomerati speciali, ecc.) previo assenso della Città medesima.
- In caso di necessità o su prescrizione esplicita della Città, il ripristino provvisorio deve essere eseguito includendo uno strato superficiale di circa 5 cm. costituito da materiale che offra un grado di compattezza tale da evitare il suo spargimento sulla carreggiata circostante al passaggio di transito veicolare (terra umida, calcestruzzo bituminoso o cementizio, ecc.).

Quando si tratta di pavimentazioni in terra battuta, la colmataura, se eseguita con materiali anidri, deve essere eseguita fino ad oltrepassare leggermente il piano della pavimentazione circostante. Quando sia previsto il riempimento con calcestruzzo cementizio o in misto stabilizzato a cemento questo deve essere posto in opera secondo le quote e le indicazioni fornite dalla Città prima dell'esecuzione dei lavori.

Il concessionario deve trasportare alle discariche i materiali residui, dopo aver spazzato e ripulito accuratamente la zona interessata dai lavori;

- b) per motivi di viabilità può essere richiesto che la colmataura degli scavi sia completata mediante l'immediata esecuzione, a cura e spese del concessionario, di uno strato di calcestruzzo bituminoso, dello spessore non inferiore a cm. 5.
- Detta colmataura degli scavi, completata con materiali bituminosi, deve essere tenuta sotto continua sorveglianza dal concessionario medesimo, fino all'esecuzione del ripristino definitivo nei modi previsti all'articolo 7;
- c) nel caso di attraversamento di carreggiate veicolari, gli scavi devono essere eseguiti a tratti in modo da permettere sia il transito pubblico che privato sia l'accesso agli ingressi carrai. Devono contemporaneamente essere predisposte nel sottosuolo più tubazioni affinché per future necessità di potenziamento degli impianti non si ricorra a nuove manomissioni delle pavimentazioni stradali;
- d) qualora durante il corso dei lavori vengano arrecati danni alle tubazioni o ai pozzetti per lo scarico delle acque meteoriche, anche private, il personale territoriale del Settore competente deve essere tempestivamente informato. Il concessionario deve provvedere al più presto a ripristinare i manufatti privati e del Comune danneggiati, utilizzando tecnologie e materiali non difforni da quelli in uso dalla Città, ed eseguire i lavori a regola d'arte.

In ogni caso il concessionario deve immediatamente provvedere ad una riparazione provvisoria delle tubazioni manomesse, al fine di assicurare in ogni momento il regolare deflusso delle acque.

Nel caso di tubazioni private occorre informare l'amministratore dello stabile.

Qualora siano denunciate infiltrazioni d'acqua negli stabili, conseguenti a manomissione del suolo pubblico, con danneggiamento di scarichi d'acqua piovana od altro, sia le opere di ripristino dei manufatti e della pavimentazione stradale, sia il risarcimento del danno sono a carico del concessionario titolare della manomissione, nel rispetto del termine di prescrizione decennale di cui all'articolo 2946 Codice Civile.

Articolo 7 - Disposizioni generali per l'esecuzione dei ripristini definitivi

I ripristini stradali definitivi, fatto salvo quanto previsto nel successivo articolo 16, e nell'ambito di accordi particolari che discendono dalle Convenzioni in atto, sono direttamente eseguiti a cura e spese e sotto la responsabilità delle Società ed Enti utenti del sottosuolo, conformemente alla tipologia delle pavimentazioni esistenti e delle prescrizioni imposte dall'Ufficio Tecnico e devono compiersi entro i termini di scadenza previsti dalla bolla.

I lavori di ripristino stradale dovranno essere eseguiti da operatori qualificati per le categorie in OG3 (opere stradali) in possesso dei requisiti di qualificazione previsti dai vigenti o emanandi provvedimenti legislativi.

A tal proposito, il ripristino è da ritenersi ultimato soltanto dopo la ricollocazione della segnaletica verticale, dei paletti e delle transenne, dei dissuasori di sosta eventualmente rimossi dai marciapiedi, dall'esecuzione della sigillatura e della tracciatura della segnaletica orizzontale. La segnaletica suddetta deve essere ritracciata in modo completo anche se il ripristino ne ha interessato solo una parte (linee di arresto o di dare precedenza, strisce pedonali, ecc.). La ritardata ultimazione del ripristino definitivo rispetto ai termini previsti comporta l'applicazione delle sanzioni come previsto al successivo articolo 14.

Qualora necessari, gli interventi di rimozione e riposizionamento di parcometri sono eseguiti da G.T.T. che addebita al richiedente gli oneri conseguenti.

Le seguenti prescrizioni, oltre a particolari indicazioni, riportate sulla bolla di manomissione dai tecnici preposti, devono essere integralmente rispettate.

- a) Le superfici stradali oggetto di manomissione si possono dividere in quattro gruppi:
 - pavimentazioni stradali in materiale lapideo (masselli, cubetti, lastre);
 - pavimentazioni stradali bituminose;
 - pavimentazioni di marciapiedi in materiale lapideo (lastre, cubetti);
 - pavimentazioni di marciapiedi in materiali bituminosi od in calcestruzzo.
- b) Le dimensioni del ripristino della parte superficiale della strada sono, nel caso di pavimentazioni lapidee, strettamente correlate alla natura del materiale che costituisce la pavimentazione ed ai disegni di posa del medesimo e, di norma, devono permettere una ricucitura del disegno tale da non pregiudicarne l'effetto. Per quanto attiene il ripristino degli strati di sottofondazione e fondazione le dimensioni del medesimo, come per tutti i ripristini di pavimentazioni bituminose, devono essere strettamente correlate alla profondità dello scavo ed alla sua larghezza secondo la seguente formula:

$$LR = (PS + LS) \times 1,20$$

Dove LR rappresenta la larghezza del ripristino, PS la profondità media dello scavo della manomissione (in ogni caso la profondità considerata non potrà essere inferiore a 80 cm. da cui deve essere dedotto lo spessore del ripristino) e LS la larghezza media dello scavo stesso; la larghezza così ottenuta deve essere considerata minima ed assiale al ripristino, pertanto essa può essere limitata unicamente dalla presenza di elementi di delimitazione di marciapiedi o banchine

di binari, o da qualsiasi altro manufatto che interrompa la continuità della pavimentazione.

L'utilizzo di materiali di riempimento alternativi (miscele cementizie), salvo diversa prescrizione, non consente una riduzione della dimensione del ripristino.

- c) Il ripristino di pavimentazioni stradali bituminose è eseguito secondo i criteri sopra descritti e riferiti agli strati di fondazione delle pavimentazioni con le seguenti avvertenze:
- 1) qualsiasi variazione delle modalità di ripristino come sopra disciplinate, sia tecnica che geometrica, deve essere specificata nella bolla di manomissione e concordata preventivamente con la Città;
 - 2) nel caso la manomissione interessi una strada con fondazione in misto stabilizzato a cemento o altro materiale "legato" esso deve essere integralmente ricostituito. Nel computo della larghezza del ripristino il suo spessore è dedotto da PS (profondità media dello scavo);
 - 3) nel caso in cui la manomissione interessi assi urbani di rilevante importanza ovvero di dimensioni complessive superiori a 250 mq. il ripristino o la parte superficiale dello stesso deve essere eseguito con macchina vibrofinitrice di adeguate dimensioni;
 - 4) nel caso che un margine laterale di un ripristino sia ad una distanza inferiore ad un terzo della larghezza media del medesimo dal margine di una precedente manomissione o del marciapiede, il nuovo ripristino deve essere allargato sino al vecchio margine solo per quanto riguarda lo strato o gli strati che compongono la pavimentazione bituminosa. Le spese di ricostruzione della sede stradale di cui al successivo articolo 11 saranno calcolate sulla superficie di ripristino base come da formula descritta al precedente punto b);
 - 5) ovunque sia possibile, il ripristino deve tendere alla ricostituzione integrale della pavimentazione manomessa in ciascuno dei suoi eventuali componenti: strato di base, binder, tappeto di usura. In ogni caso, laddove non sia prevista la realizzazione del tappeto d'usura, lo strato più superficiale deve essere realizzato in conglomerato bituminoso (binder) per una profondità di cm. 15, seguito da idonea "sigillatura" dei bordi di scavo;
 - 6) qualora sia tecnicamente possibile, le operazioni di rifilatura e di scavo possono essere sostituite dalla fresatura a freddo per profondità sino a cm. 15;
 - 7) nel caso che la larghezza del ripristino non permetta un sufficiente costipamento dello strato di fondazione può essere richiesto dai tecnici della Città ai concessionari l'utilizzo, parziale o totale, di misto stabilizzato a cemento per l'esecuzione del riempimento dello scavo, ed in particolari condizioni può essere previsto l'utilizzo di adeguati geotessili;
 - 8) nel caso in cui i sedimenti oggetto di manomissione siano particolarmente ammalorati, la Città può richiedere al concessionario l'esecuzione di opere manutentive al di fuori delle superfici da ripristinare (esempio: risanamenti, tappeti, ecc.). Il concessionario, in tal caso, si impegna a realizzare tali opere che vengono compensate a scapito degli oneri dovuti, con l'adozione del prezzario della Regione Piemonte vigente all'atto della concessione con applicazione di un ribasso, determinato in analogia a quanto indicato nella deliberazione in vigore relativa agli oneri a scapito per la realizzazione di opere di urbanizzazione da parte di privati.
- d) Il ripristino della pavimentazione di marciapiedi sistemati in materiali lapidei deve essere effettuato per il piano di calpestio, tenendo conto del disegno di posa degli elementi in pietra, con l'avvertenza che gli elementi rotti o danneggiati durante la loro rimozione devono essere sostituiti con altri di nuovo apporto; per il sottofondo la dimensione del ripristino è equivalente alla dimensione della parte danneggiata durante le fasi di scavo.

Per i marciapiedi sistemati in asfalto colato o malta bituminosa, il piano di calpestio ed il sottofondo devono essere ripristinati secondo i seguenti criteri:

- la misura della larghezza dello stato di fondazione, salvo diversa prescrizione, è equivalente alla dimensione della parte danneggiata durante le fasi di scavo, mentre le dimensioni del piano di calpestio devono essere estese fino a precedenti manomissioni o elementi delimitazione, chiusini, ecc.;
 - nel caso in cui la larghezza complessiva del marciapiede sia inferiore o uguale a cm. 180 deve essere ripristinato l'intero manto bituminoso.
- e) Per ciò che riguarda il risanamento delle pavimentazioni nella zona binari, esclusivamente per le dimensioni dell'intervento, valgono le norme contenute nella Convenzione relativa al diritto d'uso degli impianti ferro-filo-tramviari e di fermata in vigore tra la Città e il G.T.T..

Articolo 8 - Prescrizioni tecniche particolari circa l'esecuzione dei ripristini

I ripristini devono essere realizzati, secondo le eventuali indicazioni impartite dalla Città, ed eseguiti a perfetta regola d'arte.

Per quanto concerne le modalità di stesa e le caratteristiche dei materiali anidri di fondazione (fuso granulometrico, valori di portanza), dei conglomerati bituminosi (fusi granulometrici, percentuali di bitume, valori caratteristici derivanti dalla prova Marshall), delle infrastrutture complementari (caditoie stradali, guide e cordoni in pietra) valgono le "Norme e Prescrizioni Tecniche" approvate dalla Giunta Comunale in data 28 novembre 2000. Circa la modalità di esecuzione dei lavori, le caratteristiche dei materiali da impiegare e la modalità di posa degli stessi si intendono richiamati tutti gli oneri elencati, per le singole voci, nell'Elenco Prezzi della Regione Piemonte in vigore e nel Capitolato d'Appalto per la Ordinaria Manutenzione del suolo pubblico in vigore al momento dell'esecuzione del ripristino.

Prima di procedere alla ricostruzione dello strato bitumato, la pavimentazione bituminosa circostante lo scavo deve essere tagliata con apposita macchina operatrice a lama rotante, in modo che la zona da ripristinare abbia il contorno di una figura geometrica regolare, che si discosti il meno possibile, quanto a misura di superficie, da quella manomessa ma che comunque inglobi le parti circostanti in cui si rilevano lesioni longitudinali dovute al cedimento delle zone manomesse e rispetti le norme dimensionali richiamate nel precedente articolo 7.

Tutte le rifilature alle pavimentazioni bituminose devono essere poi sigillate con apposito mastice steso a caldo o con nastro preformato bituminoso ponendo cura nell'ottenere un andamento regolare rispetto al taglio. Il ripristino delle sedi pedonali deve avvenire secondo le tipologie e con i materiali indicati negli appositi capitoli della Città; particolare attenzione si deve porre agli elementi di delimitazione (cordoni, guide,) che, se smossi durante la manomissione devono essere rimossi e posati nel rispetto dei piani, allineamenti, ecc..

La rimozione degli elementi lapidei o cls di delimitazione deve essere preceduta dalla rifilatura della pavimentazione bituminosa e la stessa pavimentazione deve essere ripristinata dopo la posa. Se il ripristino interessa aree destinate a passaggi pedonali, il medesimo deve comprendere l'abbattimento delle barriere architettoniche con l'abbassamento del piano delle pavimentazioni e degli elementi di delimitazione secondo le norme tecniche richieste dalla Città. I suddetti passaggi agevolati possono comprendere la posa di eventuali dissuasori e sono realizzati senza alcun compenso da parte della Città.

CAPO 3 - RESPONSABILITA'

Articolo 9 - Consegna delle aree e ripresa in carico da parte della Città. Responsabilità

- a) Il concessionario prende in consegna i sedimi dal momento in cui viene posata la segnaletica di cantiere e vengono delimitate le aree di propria competenza.
- b) Il concessionario dal momento della consegna del cantiere stradale, solleva il Comune da ogni responsabilità conseguente alla violazione delle leggi anti-infortunistiche e sui cantieri mobili (D.L. 81/2008), nonché da ogni altra violazione della normativa vigente in materia.
- c) Grava sul concessionario ogni responsabilità per qualsiasi evento di danno a terzi che si dovesse verificare in dipendenza della manomissione e/o occupazione del suolo pubblico e della esecuzione delle opere. La Città è perciò totalmente manlevata ed indenne da ogni pretesa e domanda risarcitoria eventualmente formulata nei suoi confronti da terzi.
- d) Il concessionario è comunque responsabile del mantenimento e della conservazione delle opere ed impianti in assoggettamento alla strada, compresi i manufatti collegati (quali pozzetti di ispezione, chiusini, passi-d'uomo, accessi alle camere interrato, ecc.), per tutta la durata della concessione e deve in ogni modo rispettare le prescrizioni impartite dalla Città.
- e) Dalla data di consegna i sedimi sono in carico al concessionario e tali rimangono fino alla presentazione alla Città del Certificato di Regolare Esecuzione redatto con le modalità previste dal successivo articolo 10.

Le responsabilità civili e penali in caso di incidenti o danni che si dovessero verificare a causa della manomissione e ripristino tra la data di consegna ed un anno dopo la ripresa in carico da parte della Città sono esclusivamente attribuibili al concessionario.

- f) In caso di interventi eseguiti da parte della Città ai sensi dell'articolo 15 del presente regolamento, la responsabilità dei sedimi resta in capo all'impresa sino all'inizio dei lavori della Città per l'esecuzione del ripristino definitivo. Prima di dar corso a tale esecuzione viene redatto un documento in contraddittorio tra concessionario e Città.

Il concessionario deve comunque produrre certificazione di regolare esecuzione di cui all'articolo 10 relativamente ai lavori eseguiti, escluso il ripristino definitivo.

Articolo 10 - Collaudi - Accettazione

I lavori devono essere condotti da tecnici incaricati dal concessionario. La loro regolare esecuzione/collaudato deve essere certificata da un tecnico abilitato prima della consegna dei sedimi alla Città. Per tecnici abilitati si intendono professionisti regolarmente iscritti ad Albi o Collegi di professionisti (geometri, periti, architetti, ingegneri) oppure professionalità interne al concessionario.

La certificazione può comprendere più località (bolle) della stessa zona urbana della Città (secondo la suddivisione prevista nelle manutenzioni del suolo pubblico in vigore). La Città prima di prendere in carico i sedimi può comunque richiedere al concessionario prove di collaudo (carotaggi, prove su piastra, prove sui materiali, ecc.) nei casi che ritiene opportuno. I collaudi devono eseguirsi entro e non oltre 90 giorni dall'ultimazione dei lavori. La ritardata certificazione comporta una sanzione amministrativa per singola bolla di manomissione di cui all'articolo 14.

Se il concessionario non provvede a fornire la documentazione di avvenuto collaudo, la sanzione suddetta sarà reiterata e la Città provvederà a collaudare i lavori ed emettere il Certificato di Regolare esecuzione mediante l'affidamento a tecnici di fiducia. Il costo di tali incarichi sarà addebitato al concessionario. Se le risultanze delle prove di collaudo sono negative e i lavori risultano non

collaudabili, previa comunicazione al concessionario, la Città interviene con le proprie imprese per eliminare le problematiche emerse. L'importo dei lavori è addebitato al concessionario ai sensi dell'articolo 15 del presente regolamento.

La riconsegna dei sedimi alla Città avviene dalla data di consegna del C.R.E..

CAPO 4 - SPESE DI RICOSTRUZIONE DELLA SEDE STRADALE

Articolo 11 - Spese di ricostruzione della sede stradale. Criteri

Il concessionario, per la realizzazione di opere di manomissioni stradali, oltre a quanto previsto dalla normativa vigente per l'uso o l'occupazione permanente e temporanea del suolo e del sottosuolo pubblico, è tenuto al pagamento a favore del Comune delle spese di manutenzione per la ricostruzione, a regola d'arte, della sede stradale relative al deterioramento generale causato dagli interventi di manomissione, l'aumento degli oneri manutentivi e la diminuzione della vita naturale del sedime stesso.

Le spese di ricostruzione vengono calcolate in base alla suddivisione in tipologie tecniche delle pavimentazioni che vengono manomesse.

Le pavimentazioni si classificano nelle seguenti tipologie:

1. pavimentazione stradale bituminosa;
2. pavimentazione stradale in masselli di pietra;
3. pavimentazione stradale in cubetti di pietra;
4. pavimentazione di marciapiedi - banchine bituminose;
5. pavimentazione di marciapiedi in pietra;
6. altro (autobloccanti, ghiaia, ecc.).

A seconda che si tratti di sedimi pedonali o stradali, in materiale bituminoso o lapideo, le spese di ricostruzione saranno di minore o maggiore entità con i seguenti valori:

-	pavimentazione tipo 1	Euro/mq. 20,40
-	pavimentazione tipo 2	Euro/mq. 50,00
-	pavimentazione tipo 3	Euro/mq. 26,00
-	pavimentazione tipo 4	Euro/mq. 19,80
-	pavimentazione tipo 5	Euro/mq. 32,30
-	pavimentazione tipo 6	Euro/mq. 5,40

Articolo 12 - Contabilizzazione e decontazione

La contabilizzazione delle spese di ricostruzione della sede stradale è effettuata bolla per bolla, mediante la misura della superficie del ripristino dai tecnici della Città in contraddittorio con i tecnici dei concessionari.

Viene in seguito redatto un deconto a periodicità bimestrale ed il relativo pagamento è effettuato tramite la Tesoreria della Città.

CAPO 5 - VERIFICHE E SANZIONI

Articolo 13 - Azione di verifica

La Città attraverso personale idoneo all'uopo incaricato verifica l'osservanza delle prescrizioni del presente regolamento.

L'azione di controllo si protrae fino alla data di presa in consegna da parte della Città. Qualora anche dopo tale data, si verificano dei vizi di esecuzione certi e ben circoscritti, la Città può far ripristinare dal concessionario le parti non regolarmente eseguite o, in caso di inadempienza, da propria Ditta appaltatrice con l'addebito delle relative spese, maggiorate secondo quanto indicato al successivo articolo 15.

Le eventuali inosservanze alle prescrizioni del presente regolamento da parte dei concessionari, rilevate dal suddetto personale, saranno segnalate con apposito verbale al C.P.M. per l'applicazione della relativa sanzione.

Articolo 14 - Sanzioni

Fatte salve le eventuali sanzioni previste dalla normativa statale e regionale in materia, ed in particolare dal "Nuovo Codice della Strada", approvato con D. Lgs. 30 aprile 1992, n. 285, giusto il disposto di cui all'articolo 8, comma 1, della Legge 24 novembre 1981, n. 689, l'inosservanza delle norme previste dal presente regolamento a garanzia della corretta esecuzione delle manomissioni e dei ripristini sui sedimi stradali, comporta l'applicazione della sanzione amministrativa pecuniaria da Euro 75,00 ad Euro 450,00, ai sensi dell'articolo 7 bis del T.U.E.L., approvato con D. Lgs. 18 agosto 2000, n. 267.

Articolo 15 - Intervento da parte della Città per inadempienze del concessionario

a) Nei casi di inadempienza del concessionario come previsti dal presente regolamento agli articoli 3 punto b), 3 punto e), 3 punto i), 7 e 7 punto c) la Città, attraverso la struttura dei Settori tecnici preposti, interviene con propri mezzi e risorse o con imprese appaltatrici per sanare direttamente, in vece del concessionario, tutte le situazioni indicate dai suddetti articoli nei termini previsti dal regolamento.

Per quanto riguarda l'ultimazione dei lavori di ripristino definitivo, allo scadere del decimo giorno di ritardo sull'ultimazione dei lavori prevista, la Città può intervenire in sostituzione del concessionario per eliminare situazioni di pericolo o il protrarsi di lavorazioni incomplete.

Gli oneri da addebitare al concessionario inadempiente per le opere eseguite sono computati secondo l'Elenco Prezzi della Regione Piemonte vigente senza alcun ribasso e con una maggiorazione del 20% sull'importo dei lavori per spese generali. La maggiorazione sale al 35% per interventi su superfici inferiori a mq. 6.

Una comunicazione via fax e/o mail da parte del Responsabile di Circoscrizione al concessionario e al Settore preposto vale quale di messa in mora del concessionario stesso e consente di attivare l'impresa comunale per l'esecuzione dei lavori di ripristino.

b) Le spese sostenute dal Comune di Torino per eseguire i lavori o i ripristini non eseguiti a regola d'arte e nei tempi previsti dal presente regolamento sono addebitate al concessionario.

L'Autorità comunale notifica al contravventore l'ammontare delle spese sostenute, comprensive

delle maggiorazioni previste dal precedente articolo, ingiungendo al medesimo di rimborsare al Comune le stesse entro quindici giorni dalla notifica. Ove tale termine decorra inutilmente, salve restando eventuali disposizioni speciali di legge, le spese sono rimosse coattivamente con la procedura di cui al R.D. 14 aprile 1910, n. 639.

CAPO 6 - NORME PARTICOLARI E TRANSITORIE

Articolo 16 - Norme particolari per le manomissioni ed il ripristino

Per tutti i soggetti diversi dai grandi utenti valgono le norme descritte nel presente regolamento ad eccezione delle seguenti precisazioni.

Il ripristino del suolo pubblico manomesso viene eseguito direttamente dalla Città con imprese appaltatrici delle opere di manutenzione ordinaria ed addebitato al richiedente.

La contabilizzazione dei lavori di ripristino viene effettuata dal personale del Civico Ufficio Tecnico, previo rilievo delle misure in contraddittorio con un incaricato del richiedente stesso, con applicazione dei prezzi vigenti al momento dell'esecuzione dei lavori di ripristino e contenuti nei contratti con le diverse ditte appaltatrici delle manutenzioni ordinarie, o esecutrici dei lavori di ripristino del suolo pubblico, territorialmente competenti nei diversi lotti in cui è suddivisa la Città.

Oltre all'importo del ripristino come sopra ottenuto vengono applicate le spese di ricostruzione della sede stradale di cui al Capo 4.

L'importo complessivo dei lavori e delle spese viene direttamente liquidato alla Città dal richiedente.

Articolo 17 - Applicazione e regime transitorio

Il presente regolamento entra in vigore nel mese successivo dalla data della sua approvazione ed è applicato a tutte le manomissioni ancora da iniziare (bolla autorizzata ma lavori non ancora avviati) e nei casi in cui la bolla non sia stata ancora autorizzata.

Nel presente regolamento si intendono per:

- Concessionario: tutti i soggetti ai quali viene rilasciata concessione per l'occupazione del suolo pubblico;
- Grandi Utenti: i concessionari di suolo pubblico esercenti pubblici servizi.

CALCOLO DELLE SPESE DI RICOSTRUZIONE DELLA SEDE STRADALE

Ai sensi dell'articolo 11 del regolamento, il concessionario, per la realizzazione di opere di manomissioni stradali, è tenuto al pagamento a favore del Comune delle spese di manutenzione per la ricostruzione della sede stradale dovute al deterioramento generale causato dagli interventi di manomissione, l'aumento degli oneri manutentivi e la diminuzione della vita naturale del sedime stesso.

Le spese sono calcolate attraverso un computo metrico estimativo (Elenco prezzi della Regione Piemonte dicembre 2006) che prende in considerazione un intervento di ricostruzione completa del sedime interessato, tenendo conto che l'intervento di manomissione diminuisce in misura variabile, a seconda della tipologia dei materiali, la vita complessiva della pavimentazione stessa. La Città interverrà sulla pavimentazione manomessa certamente prima del tempo naturalmente previsto: è accertato infatti che l'intervento di manomissione vada a ridurre la vita complessiva della pavimentazione creando discontinuità nella stratigrafia, rompendo la coesione dei materiali posti in opera, rovinando l'estetica superficiale delle pavimentazioni con tagli e rattoppi.

Le spese di risistemazione sono state calcolate in base alla suddivisione in tipologie tecniche delle pavimentazioni che vengono manomesse.

1	Pavimentazione stradale bituminosa	Euro/mq.	20,40
2	Pavimentazione stradale in masselli di pietra	Euro/mq.	50,00
3	Pavimentazione stradale in cubetti di pietra	Euro/mq.	26,00
4	Pavimentazione di marciapiedi - banchine bituminose	Euro/mq.	19,80
5	Pavimentazione di marciapiedi in pietra	Euro/mq.	32,30
6	Altro (autobloccanti, ghiaia, ecc.)	Euro/mq.	5,40

E' stata applicata una formula per calcolare il "danno" arrecato a seguito della manomissione.

$$\text{Danno} = [\text{Costo costruzione} - \frac{\text{Costo costruzione}}{\text{anni vita}} \times \text{anni vita ridotta}] \times \text{interessi} \times \text{anni riduzione}$$

E' stato calcolato il costo necessario che la Città deve sostenere per ricostruire la pavimentazione alla fine del suo normale ciclo di vita.

La pavimentazione manomessa, a causa degli interventi dei concessionari di sottoservizi, subisce una riduzione della sua vita naturale e pertanto la Città sarà costretta ad intervenire prima del tempo previsto.

La percentuale di vita ridotta è data dal rapporto "anni di vita ridotta/anni di vita" che, tenendo conto del costo di costruzione, permette di ottenere l'importo che la Città è costretta ad anticipare alla scadenza del periodo di vita ridotta.

Tale anticipo di denaro rispetto al periodo previsto è gravato dagli interessi finanziari che la Città dovrà corrispondere nel corso degli anni di riduzione: gli interessi sono stati stimati all'8%.

Applicando la formula suddetta si ottengono i seguenti importi in Euro/mq.:

n.	Pavimentazioni	Costo costruzione (Euro/mq)	anni vita sedime	anni vita ridotta	interessi finanziari (%)	anni di riduzione vita	Costo di ricostruzione (Euro/mq)
1	pavimentazione stradale bituminosa	51,00	20	10	8%	10	20,40
2	pavimentazione stradale in masselli	313,00	50	40	8%	10	50,08
3	pavimentazione stradale in cubetti	130,00	40	30	8%	10	26,00
4	marciapiede in materiale bituminoso	99,00	40	30	8%	10	19,80
5	marciapiede con pavimentazione in pietra	242,00	60	50	8%	10	32,27
6	Altro (autobloccanti, ghiaia, terra, ecc.)	54,00	20	15	8%	5	5,40

Di seguito si riportano i dettagli della stima relativa al costo di costruzione delle singole tipologie.

articolo	descrizione	u.m.	prezzo	quantità	percentuale intervento	importo
CARREGGIATA STRADALE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO						
01.A01.B10	SCAVO DI MATERIALI DI QUALSIASI NATURA, PER RIPRISTINI O RISANAMENTI PER UNA PROFONDITA' MASSIMA DI CM.60,					
01.A01.B10 030	CM.40 ESEGUITO A MACCHINA	mq.	14,30	1,00	1,00	Euro 14,30
01.A21.A60	REGOLARIZZAZIONE E RULLATURA CON RULLO DI ADATTO PESO, STATICO O VIBRANTE, O PIASTRA VIBRANTE IDONEA					
01.A21.A60 005	SU CARREGGiate STRADALI E SU BANCHINE	mq.	1,08	1,00	1,00	Euro 1,08
01.A21.A46	PROVVISTA SUL LUOGO D'IMPIEGO DI MISTO GRANULARE STABILIZZATO A CEMENTO PER RIPRISTINI O RISANAMENTI,					
01.A21.A46 005	PER OGNI MC. DATO IN OPERA COSTIPATO, ESCLUSA LA COMPATTAZIONE	mc.	58,70	0,20	1,00	Euro 11,74
01.A21.A50	COMPATTAZIONE CON RULLO PESANTE O VIBRANTE DELLO STRATO					

	DI FONDAZIONE IN MISTO GRANULARE ANIDRO O					
01.A21.A50 010	PER SPESSORE FINITO FINO A 30 CM.	mq.	0,78	1,00	1,00	Euro 0,78
01.A22.A80	PROVVISTA E STESA DI MISTO GRANULARE BITUMATO (TOUT-VENANT TRATTATO) PER STRATO DI BASE, COMPOSTO DA					
01.A22.A80 033	STESO IN OPERA AD UNA RIPRESA CON VIBROFINITRICE PER UNO SPESSORE COMPRESSO PARI A CM. 12	mq.	10,80	1,00	1,00	Euro 10,80
01.A22.A44	PROVVISTA E STESA DI EMULSIONE BITUMINOSA CATIONICA AL 65% DI BITUME MODIFICATO IN RAGIONE DI					
01.A22.A44 010	KG. 0,800/MQ.	mq.	0,69	1,00	1,00	Euro 0,69
01.A22.B00	PROVVISTA E STESA DI CALCESTRUZZO BITUMINOSO PER STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER), CONFORME ALLE					
01.A22.B00 015	STESO IN OPERA CON VIBROFINITRICE PER UNO SPESSORE FINITO DI CM. 5 COMPRESI	mq.	5,50	1,00	1,00	Euro 5,50
01.A22.A20	PREPARAZIONE DI PAVIMENTAZIONE BITUMINOSA ESISTENTE, PER LA RIPARAZIONE DI BUCHE O					
01.A22.A20 015	PER L'ESECUZIONE DI TRATTAMENTI SUPERFICIALI O PER LA STESA DI TAPPETI	mq.	0,69	1,00	1,00	Euro 0,69
01.A22.A44	PROVVISTA E STESA DI EMULSIONE BITUMINOSA CATIONICA AL 65% DI BITUME MODIFICATO IN RAGIONE DI					
01.A22.A44 010	KG. 0,800/MQ.	mq.	0,69	1,00	1,00	Euro 0,69
01.A22.B10	PROVVISTA E STESA A TAPPETO DI CALCESTRUZZO BITUMINOSO PER STRATO DI USURA, CONFORME ALLE					
01.A22.B10 015	STESO CON VIBROFINITRICE, PER UNO SPESSORE FINITO COMPRESSO PARI A CM. 4	mq.	4,65	1,00	1,00	Euro 4,65
Prezziario Regione Piemonte dicembre 2006						Euro 50,92

articolo	descrizione	u.m.	prezzo	quantità	percentuale intervento	importo
CARREGGIATA STRADALE IN PIETRA IN CUBETTI						
01.A01.B10	SCAVO DI MATERIALI DI QUALSIASI NATURA, PER RIPRISTINI O RISANAMENTI PER UNA PROFONDITA' MASSIMA DI CM. 60,					
01.A01.B10 025	CM.35 ESEGUITO A MACCHINA	mq.	14,30	1,00	1,00	Euro 14,30
01.A21.A46	PROVVISTA SUL LUOGO D'IMPIEGO DI MISTO GRANULARE STABILIZZATO A CEMENTO PER RIPRISTINI O RISANAMENTI,					
01.A21.A46 005	PER OGNI MC. DATO IN OPERA COSTIPATO, ESCLUSA LA COMPATTAZIONE	mc.	58,70	0,20	1,00	Euro 11,74
01.A21.A50	COMPATTAZIONE CON RULLO PESANTE O VIBRANTE DELLO STRATO DI FONDAZIONE IN MISTO GRANULARE ANIDRO O					
01.A21.A50 010	PER SPESSORE FINITO FINO A 30 CM.	mq.	0,78	1,00	1,00	Euro 0,78
01.A21.A60	REGOLARIZZAZIONE E RULLATURA CON RULLO DI ADATTO PESO, STATICO O VIBRANTE, O PIASTRA VIBRANTE IDONEA					
01.A21.A60 005	SU CARREGGiate STRADALI E SU BANCHINE	mq.	1,08	1,00	1,00	Euro 1,08
01.A22.A80	PROVVISTA E STESA DI MISTO GRANULARE BITUMATO (TOUT-VENANT TRATTATO) PER STRATO DI BASE,					
01.A22.A80 150	STESO IN OPERA A DUE RIPRESE CON VIBROFINITRICE PER UNO SPESSORE COMPRESSO PARI A CM. 15	mq.	13,70	1,00	1,00	Euro 13,70
01.P18.R50	CUBETTI SCELTI DI PORFIDO DELLE CAVE DELL'ALTO ADIGE O DEL TRENINO, A FACCE PIANE E NORMALI FRA DI LORO,					
01.P18.R50 015	DELLE DIMENSIONI DI CM.8-10	q	20,90	2,55	1,00	Euro 53,30
01.A21.B70	POSA DI CUBETTI DI PORFIDO, SIENITE O DIORITE, PER LA FORMAZIONE DI PAVIMENTAZIONE, PROVVISI IN					
01.A21.B70 015	CUBETTI CON SPIGOLO VARIABILE DA CM. 8 A CM. 12	mq.	34,80	1,00	1,00	Euro 34,80
						Euro 129,70

articolo	descrizione	u.m.	prezzo	quantità	percentuale intervento	importo
CARREGGIATA STRADALE IN PIETRA IN MASSELLI						
01.A01.B10	SCAVO DI MATERIALI DI QUALSIASI NATURA, PER RIPRISTINI O RISANAMENTI PER UNA PROFONDITA' MASSIMA DI CM. 60,					
01.A01.B10 025	CM.35 ESEGUITO A MACCHINA	mq.	14,30	1,00	1,00	Euro 14,30
01.A21.A46	PROVVISTA SUL LUOGO D'IMPIEGO DI MISTO GRANULARE STABILIZZATO A CEMENTO PER RIPRISTINI O RISANAMENTI,					
01.A21.A46 005	PER OGNI MC. DATO IN OPERA COSTIPATO, ESCLUSA LA COMPATTAZIONE	mc.	58,70	0,20	1,00	Euro 11,74
01.A21.A50	COMPATTAZIONE CON RULLO PESANTE O VIBRANTE DELLO STRATO DI FONDAZIONE IN MISTO GRANULARE ANIDRO O					
01.A21.A50 010	PER SPESSORE FINITO FINO A 30 CM.	mq.	0,78	1,00	1,00	Euro 0,78
01.A22.A80	PROVVISTA E STESA DI MISTO GRANULARE BITUMATO (TOUT-VENANT TRATTATO) PER STRATO DI BASE,					
01.A22.A80 150	STESO IN OPERA A DUE RIPRESE CON VIBROFINITRICE PER UNO SPESSORE COMPRESSO PARI A CM. 15	mq.	13,70	1,00	1,00	Euro 13,70
01.P18.R20	MASSELLI O CONCI IN GRANITO, SIENITE O DIORITE DELLO SPESSORE DA CM. 14 A CM. 16, LUNGHEZZA DA UNA VOLTA E					
01.P18.R20 005	DELLA LARGHEZZA DA 30 A 45 CM.	mq.	167,00	1,00	1,00	Euro 167,00
01.A21.B10	POSA IN OPERA DI MASSELLI, ROTAIE O CORDOLO MARGINALE ALLA PAVIMENTAZIONE COMPRENDENTE: - LA					
01.A21.B10 005	IN SIENITE O DIORITE DELLO SPESSORE DI CM. 14-16	mq.	90,10	1,00	1,00	Euro 90,10
01.A21.B40	SIGILLATURA DEI GIUNTI DELLA PAVIMENTAZIONE IN LASTRICATO DI MASSELLI ANCHE SULLA SEDE DEI BINARI					
01.A21.B40 010	CON MALTA BITUMINOSA	mq.	15,40	1,00	1,00	Euro 15,40

articolo	descrizione	u.m.	prezzo	quantità	percentuale intervento	importo
MARCIAPIEDE IN LASTRE IN PIETRA						
01.A01.B10	SCAVO DI MATERIALI DI QUALSIASI NATURA, PER RIPRISTINI O RISANAMENTI PER UNA PROFONDITA' MASSIMA DI CM. 60,					
01.A01.B10 020	CM. 30 ESEGUITO A MACCHINA	ml	12,90	1,00	1,00	Euro 12,90
01.A21.A60	REGOLARIZZAZIONE E RULLATURA CON RULLO DI ADATTO PESO, STATICO O VIBRANTE, O PIASTRA VIBRANTE IDONEA					
01.A21.A60 010	SU MARCIAPIEDI	mq.	1,62	1,00	1,00	Euro 1,62
01.A23.A10	FORMAZIONE DI FONDAZIONE PER MARCIAPIEDE RIALZATO O PER RIPRISTINO DI TRATTI DELLO STESSO, COMPRENDENTE					
01.A23.A10 005	DELLO SPESSORE DI CM. 10	mq.	16,00	1,00	1,00	Euro 16,00
01.P18.P00	CORDONI RETTI O CURVI DI GNEISS O SIMILI, DELL'ALTEZZA DI CM. 25, CON SMUSSO DI CM. 2, CON FACCIA VISTA					
01.P18.P00 003	RETTI, DELLA LARGHEZZA DI CM. 30	mq.	30,30	1,00	1,00	Euro 30,30
01.A23.A90	POSA IN OPERA DI CORDONI RETTI E CURVI DI GNEISS GRANITI, SIENITI, DIORITI E SIMILI, DELLE DIMENSIONI					
01.A23.A90 010	CON SCAVO ESEGUITO A MACCHINA	ml	20,20	1,00	1,00	Euro 20,20
01.P18.P50	LASTRE PER MARCIAPIEDI E ACCESSI CARRAI, DI PIETRA DI LUSERNA O BAGNOLO DELLA LARGHEZZA MINIMA METRI 0,70, DI					
01.P18.P50 010	SPESSORE CM. 8-10 - LUNGHEZZA DA METRI 1,40 A 2,00	ml	128,00	1,00	1,00	Euro 128,00
01.A23.B30	POSA IN OPERA DI LASTRE IN MATERIALE LITICO PER MARCIAPIEDI E ACCESSI CARRAI, DELLA LUNGHEZZA					
01.A23.B30 005	LASTRE IN PIETRA DI LUSERNA O BAGNOLO	mq.	32,70	1,00	1,00	Euro 32,70
Prezziario Regione Piemonte dicembre 2006						Euro 241,72

articolo	descrizione	u.m.	prezzo	quantità	percentuale intervento	importo
MARCIAPIEDE IN ASFALTO COLATO						
01.A01.B10	SCAVO DI MATERIALI DI QUALSIASI NATURA, PER RIPRISTINI O RISANAMENTI PER UNA PROFONDITA' MASSIMA DI CM.60,					
01.A01.B10 015	CM.25 ESEGUITO A MACCHINA	ml	11,80	1,00	1,00	Euro 11,80
01.A21.A60	REGOLARIZZAZIONE E RULLATURA CON RULLO DI ADATTO PESO, STATICO O VIBRANTE, O PIASTRA VIBRANTE IDONEA					
01.A21.A60 010	SU MARCIAPIEDI	mq.	1,62	1,00	1,00	Euro 1,62
01.A23.A10	FORMAZIONE DI FONDAZIONE PER MARCIAPIEDE RIALZATO O PER RIPRISTINO DI TRATTI DELLO STESSO, COMPRENDENTE					
01.A23.A10 005	DELLO SPESSORE DI CM. 10	mq.	16,00	1,00	1,00	Euro 16,00
01.P18.P00	CORDONI RETTI O CURVI DI GNEISS O SIMILI, DELL'ALTEZZA DI CM. 25, CON SMUSSO DI CM. 2, CON FACCIA VISTA					
01.P18.P00 003	RETTI, DELLA LARGHEZZA DI CM. 30	mq.	30,30	1,00	1,00	Euro 30,30
01.A23.A90	POSA IN OPERA DI CORDONI RETTI E CURVI DI GNEISS GRANITI, SIENITI, DIORITI E SIMILI, DELLE DIMENSIONI					
01.A23.A90 010	CON SCAVO ESEGUITO A MACCHINA	ml	20,20	1,00	1,00	Euro 20,20
01.A23.A30	FORMAZIONE DI PAVIMENTO PER MARCIAPIEDI DEL TIPO "ASFALTO COLATO", COMPOSTO DA: - SABBIA (85%					
01.A23.A30 005	PER UNO SPESSORE PARI A CM. 2	mq.	19,90	1,00	1,00	Euro 19,90
Prezziario Regione Piemonte dicembre 2006						Euro 99,82

articolo	descrizione	u.m.	prezzo	quantità	percentuale intervento	importo
PAVIMENTAZIONE IN AUTOBLOCCANTI						
01.A01.B10	SCAVO DI MATERIALI DI QUALSIASI NATURA, PER RIPRISTINI O RISANAMENTI PER UNA PROFONDITA' MASSIMA DI CM. 60,					
01.A01.B10 020	CM.30 ESEGUITO A MACCHINA	ml	12,90	1,00	1,00	Euro 12,90
01.A21.A60	REGOLARIZZAZIONE E RULLATURA CON RULLO DI ADATTO PESO, STATICO O VIBRANTE, O PIASTRA VIBRANTE IDONEA					
01.A21.A60 010	SU MARCIAPIEDI	mq.	1,62	1,00	1,00	Euro 1,62
01.A23.A10	FORMAZIONE DI FONDAZIONE PER MARCIAPIEDE RIALZATO O PER RIPRISTINO DI TRATTI DELLO STESSO, COMPRENDENTE					
01.A23.A10 005	DELLO SPESSORE DI CM. 10	mq.	16,00	1,00	1,00	Euro 16,00
01.P11.B42	MARMETTE AUTOBLOCCANTI IN CALCESTRUZZO CEMENTIZIO VIBRATO E PRESSATO AD ALTA RESISTENZA (RESISTENZA					
01.P11.B42 035	SPESSORE CM. 7-8 COLORE GRIGIO	ml	13,70	1,00	1,00	Euro 13,70
01.A23.C80	POSA DI PAVIMENTAZIONE IN MARMETTE AUTOBLOCCANTI DI CALCESTRUZZO PRESSATO E VIBRATO, COMPRENDENTE LA					
01.A23.C80 010	DELLO SPESSORE DI CM. 7 E 8	mq.	10,20	1,00	1,00	Euro 10,20
Prezziario Regione Piemonte Dicembre 2006						Euro 54,42

CITTA' DI TORINO
SERVIZIO CENTRALE CONSIGLIO COMUNALE
RACCOLTA DEI REGOLAMENTI MUNICIPALI

REGOLAMENTO DEL VERDE PUBBLICO E PRIVATO DELLA CITTA' DI TORINO

Approvato con deliberazione del Consiglio Comunale in data 6 marzo 2006 (mecc. 2005 10310/046) esecutiva dal 20 marzo 2006. Modificato con deliberazioni del Consiglio Comunale in data 16 novembre 2009 (mecc. 2009 03017/046) esecutiva dal 30 novembre 2009, 12 maggio 2014 (mecc. 2014 00215/002) esecutiva dal 26 maggio 2014, 1 ottobre 2018 (mecc. 2018 02234/002) esecutiva dal 15 ottobre 2018 e 26 ottobre 2020 (mecc. 2020 01814/046) esecutiva dal 9 novembre 2020.

INDICE

CAPITOLO PRIMO: DISPOSIZIONI INTRODUTTIVE

Premessa

TITOLO I: FINALITA' E MOTIVAZIONI DEL REGOLAMENTO

Articolo 1 - Finalità e motivazioni

TITOLO II: FUNZIONI, TIPOLOGIE E AMBITI DI APPLICAZIONE DEL VERDE URBANO

Articolo 2 - Funzioni del verde urbano

Articolo 3 - Tipologie di verde urbano e ambiti di applicazione

TITOLO III: COINVOLGIMENTO DEL CITTADINO, SENSIBILIZZAZIONE E PROMOZIONE
DELLA CULTURA DEL VERDE, AFFIDAMENTO E SPONSORIZZAZIONE

Articolo 4 - Il Cittadino e le Associazioni

Articolo 5 - Sensibilizzazione e promozione della cultura del verde

Articolo 6 - Affidamento e sponsorizzazione delle aree verdi

TITOLO IV: NORME DI ESCLUSIONE E DIVIETI

Articolo 7 - Norme di esclusione

Articolo 8 - Divieti

CAPITOLO SECONDO: PRINCIPI, CRITERI, NORME DI CARATTERE GENERALE. TUTELA
DEGLI ALBERI DI PREGIO; PARCHI E GIARDINI DI PREGIO STORICO, ARCHITETTONICO
E AMBIENTALE

TITOLO I: PRINCIPI E CRITERI

Articolo 9 - Pianificazione

Articolo 10 - Programmazione

Articolo 11 - Manutenzione

Articolo 12 - Realizzazione del verde

TITOLO II: NORME DI CARATTERE GENERALE

Articolo 13 - Norme sovraordinate esistenti

Articolo 14 - Norme urbanistico-edilizie di attuazione (N.U.E.A.) del P.R.G. vigente della Città di

Torino in materia di tutela delle alberate e formazione del verde

Articolo 15 - Individuazione e salvaguardia dei parchi e giardini di pregio storico, architettonico e ambientale pubblici e privati

TITOLO III: TUTELA DEGLI ALBERI DI PREGIO E MONUMENTALI

Articolo 16 - Individuazione degli alberi di pregio e monumentali

Articolo 17 - Criteri per l'individuazione degli alberi di pregio

Articolo 18 - Obblighi per i proprietari

Articolo 19 - Interventi sugli alberi di pregio

Articolo 20 - Sostituzioni a seguito di abbattimenti

CAPITOLO TERZO - NORME DI CARATTERE SPECIALE: INTERVENTI SUL VERDE

TITOLO I: MANUTENZIONE E SALVAGUARDIA DELLE AREE VERDI

Articolo 21 - Lavori colturali di manutenzione ordinaria e straordinaria

Articolo 22 - Salvaguardia delle siepi e delle macchie arbustive

Articolo 23 - Salvaguardia degli arbusti e degli alberi

Articolo 24 - Norme relative al territorio collinare

Articolo 25 - Interventi di riassetto idrogeologico

Articolo 26 - Norme di tutela per le aree a conduzione agraria

Articolo 27 - Verde spondale e fasce fluviali

TITOLO II: NORME PER LA DIFESA DELLE PIANTE IN AREE DI CANTIERE

Articolo 28 - Classi di grandezza e aree di pertinenza degli alberi

Articolo 29 - Prescrizioni generali per le aree di pertinenza e le banchine alberate

Articolo 30 - Interferenza dei lavori di scavo in presenza di alberi e su aree verdi

Articolo 31 - Obblighi e divieti nelle aree di cantiere

Articolo 32 - Interventi nel sottosuolo in prossimità delle alberature pubbliche

Articolo 33 - Protezione degli alberi

Articolo 34 - Deposito di materiali su aree pubbliche

Articolo 35 - Transito di mezzi

Articolo 36 - Modificazione della falda

TITOLO III: ABBATTIMENTI

Articolo 37 - Compensazione ambientale

Articolo 38 - Abbattimento di alberature pubbliche

Articolo 39 - Abbattimenti in ambito privato in aree sottoposte a vincoli

Articolo 40 - Abbattimenti in ambito privato in aree non sottoposte a vincoli

TITOLO IV: LE POTATURE

Articolo 41 - Obiettivi generali

Articolo 42 - Vegetazione sporgente su viabilità pubblica

TITOLO V: MANTENIMENTO E RINNOVO DELLE ALBERATE

Premessa

Articolo 43 - L'albero come entità biologica

Articolo 44 - La programmazione degli interventi sulle alberate

Articolo 45 - Il rinnovo delle alberate

Articolo 46 - La progettazione e la realizzazione di nuove alberate

TITOLO VI: I TRAPIANTI ARBOREI

Articolo 47 - I trapianti arborei

Articolo 48 - Attività e verifiche preliminari

CAPITOLO QUARTO: PROGETTAZIONE DEL VERDE

TITOLO I: PROCEDURA AUTORIZZATIVA PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVE OPERE A VERDE PUBBLICO

Articolo 49 - Procedure e criteri generali

Articolo 50 - Il progetto di sistemazione a verde

Articolo 51 - Costituzione della Commissione Aree Verdi (C.A.V.)

Articolo 52 - Elaborati progettuali

Articolo 53 - Iter autorizzativo

Articolo 54 - Realizzazione dei lavori

Articolo 55 - Collaudo e assunzione in carico

TITOLO II: LINEE GUIDA PROGETTUALI

Articolo 56 - Scelta della specie

Articolo 57 - Scelta degli alberi in vivaio

Articolo 58 - Caratteristiche delle piante all'impianto

Articolo 59 - Epoca e modalità d'impianto

Articolo 60 - Distanze d'impianto

Articolo 61 - Distanze e modalità d'impianto per i nuovi impianti e sostituzioni

Articolo 62 - Verde pensile

Articolo 63 - Il verde per parcheggi

Articolo 64 - Viali alberati

Articolo 65 - Criteri per la progettazione e l'allestimento di parchi e aree gioco

Articolo 66 - Impianto di irrigazione

Articolo 67 - Identità visiva dei parchi e arredi

CAPITOLO QUINTO: DIFESA FITOSANITARIA

TITOLO I: NORME PER LA DIFESA FITOSANITARIA

Articolo 68 - Generalità

Articolo 69 - Criterio della prevenzione

Articolo 70 - Salvaguardia fitosanitaria

Articolo 71 - Misure di lotta obbligatoria

Articolo 72 - Lotta obbligatoria contro il cancro colorato del platano

Articolo 73 - Lotta obbligatoria contro il colpo di fuoco batterico

Articolo 74 - Lotta obbligatoria contro la processionaria del pino

Articolo 75 - Lotta alla Cameraria ohridella

Articolo 76 - Interventi contro gli insetti pericolosi e fastidiosi

Articolo 77 - Impiego di prodotti fitosanitari

CAPITOLO SESTO: FRUIZIONE DEI PARCHI E DEI GIARDINI PUBBLICI

Articolo 78 - Finalità e ambito di applicazione

Articolo 79 - Accesso ai parchi e giardini

Articolo 80 - Divieti comportamentali e divieti di utilizzo improprio degli spazi verdi
Articolo 81 - Svolgimento di manifestazioni e attività
Articolo 82 - Chioschi e dehors
Articolo 83 - Accesso di veicoli a motore negli spazi verdi
Articolo 84 - Biciclette e velocipedi
Articolo 85 - Giochi e attività sportive
Articolo 86 - Aree destinate ai cani

CAPITOLO SETTIMO: DISPOSIZIONI FINALI

TITOLO I: SANZIONI

Articolo 87 - Definizione delle sanzioni

TITOLO II: NORME SULLA VIGILANZA, ENTRATA IN VIGORE ED IN CONTRASTO CON IL PRESENTE REGOLAMENTO

Articolo 88 - Vigilanza
Articolo 89 - Entrata in vigore
Articolo 90 - Incompatibilità ed abrogazione di norme

ELENCO ALLEGATI

- 1) Allegato n. 1 (Cap. II): Elenco delle principali normative vigenti sovraordinate al Regolamento del Verde Pubblico e Privato.
- 2) Allegato n. 2 (Cap. II): Piano Regolatore Generale di Torino - Norme urbanistico edilizie di attuazione (estratto) in materia di tutela delle alberate e formazione del verde.
- 3) Allegato n. 3 (Cap. II): Carta dei giardini storici detta "Carta di Firenze".
- 4) Allegato n. 4 (Cap. II): Elenco dei parchi e giardini sottoposti a tutela da parte della Soprintendenza per i beni architettonici ed il paesaggio del Piemonte.
- 5) Allegato n. 5 (Cap. II): Legge Regionale del 3 aprile 1995 n. 50 - Tutela e valorizzazione degli alberi monumentali, di alto pregio naturalistico e storico, del Piemonte.
- 6) Allegato n. 6 (Cap. II): Scheda per la segnalazione degli alberi di pregio.
- 7) Allegato n. 7 (Cap. III): Elenco delle principali specie arboree suddivise in classi di grandezza presenti nel territorio della Città di Torino.
- 8) Allegato n. 8: Manomissioni e ripristini delle aree verdi e alberate della Città.
- 9) Allegato n. 9 (Cap. III): Schemi per la tutela degli alberi nelle aree di cantiere.
- 10) Allegato n. 10 (Cap. IV): Iter autorizzativo nuove opere a verde pubblico.
- 11) Allegato n. 11 (Cap. IV): Fac simile di scheda di accompagnamento progettuale.
- 12) Allegato n. 12 (Cap. V): Descrizione delle principali misure di lotta obbligatoria per le piante ornamentali e normativa nazionale attualmente esistente.
- 13) Allegato n. 13: Parco del Valentino. Regolamento per le modalità di svolgimento di manifestazioni che comportano l'occupazione di suolo pubblico.
- 14) Allegato n. 14: Tabella delle sanzioni amministrative.

CAPITOLO PRIMO: DISPOSIZIONI INTRODUTTIVE

Premessa

1. Il verde urbano si inserisce nel contesto più ampio di "valori paesaggistici" da tutelare, svolgendo funzioni climatico-ecologiche, urbanistiche e sociali e rivestendo un ruolo di educazione ambientale e di miglioramento della qualità urbana.
2. Oltre ad avere un importante valore estetico-paesaggistico, il verde svolge anche funzioni essenziali per la salute pubblica come elemento migliorativo del microclima.
3. Le piante in città infatti interagendo con l'atmosfera, svolgono un'importante funzione contrastando l'inquinamento atmosferico, termico, chimico e acustico.
4. E' oramai ampiamente riconosciuto e confermato da numerose ricerche scientifiche, che la presenza di quantità di alberi di alto fusto e di verde in piena terra migliora sostanzialmente il microclima, la qualità dell'aria e il ciclo delle acque. Con l'impianto di centinaia di alberi e di ampie zone ricoperte da prato si ha un aumento delle zone d'ombra e dell'umidità con conseguente abbassamento della temperatura estiva in tutta l'area interessata, con effetti significativi anche per un risparmio energetico determinato da un minor uso, nei mesi caldi, degli impianti di condizionamento. La barriera verde rende più salubre l'aria con un assorbimento diretto di sostanze inquinanti quali ozono, ossidi di azoto e di zolfo, l'intercettazione di particolato atmosferico (polvere, cenere, fumo), il rilascio di ossigeno grazie alla fotosintesi, l'evapotraspirazione e l'ombreggiamento che, abbassando la temperatura dell'aria, favorisce i moti convettivi delle correnti d'aria negli strati prossimi al suolo, migliorandone il ricambio.
5. Il verde della nostra città, dai grandi parchi alle aree verdi minori, dalle sponde fluviali alla collina, dalle aree pubbliche a quelle private, è stato sottoposto negli ultimi anni ad un'intensa usura che sovente ne ha ridotto le stesse funzioni ecologiche e in alcuni casi la sopravvivenza.
6. Per questi motivi la progettazione delle aree verdi, la loro gestione e gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, ma soprattutto tutti gli altri interventi che fanno capo a Settori diversi dell'Amministrazione, ad Enti esterni ed ai privati, che incidono in qualche misura su aree verdi o alberate, devono essere attuati nel rispetto del patrimonio naturale esistente in città e in conformità alle condizioni ambientali in cui questa si sviluppa.

TITOLO I: FINALITA' E MOTIVAZIONI DEL REGOLAMENTO

Articolo 1 - Finalità e motivazioni

1. Il valore del paesaggio è tutelato dall'articolo 9 della Costituzione della Repubblica italiana. Il verde urbano si collega a questa norma di tutela in relazione alle importanti funzioni ambientali, urbanistiche e sociali, oltreché per il notevole ruolo di educazione naturalistica e di miglioramento della qualità urbana, con benefiche ricadute anche sullo sviluppo turistico ed economico della città.
2. L'Amministrazione Comunale ne riconosce la valenza nella sua complessità compresi gli aspetti culturali e ricreativi e con il presente Regolamento intende salvaguardarne le caratteristiche e peculiarità.
3. In quest'ottica, infatti, anche il verde di proprietà privata rientra in tali valori e determina gli stessi benefici per l'intera collettività ed è pertanto anch'esso oggetto di rispetto e tutela.
4. Le presenti disposizioni disciplinano quindi sia gli interventi da effettuare sul patrimonio verde

di proprietà pubblica che su quello di proprietà privata e fissano norme relative alle modalità dell'impianto, manutenzione e difesa di aree verdi, alberate e singoli esemplari, indicano criteri da seguire per la progettazione di nuove aree, tutelano parchi e giardini pubblici, aree di pregio ambientale storico-paesaggistico, aree destinate a parco dagli strumenti urbanistici vigenti ecc., onde garantire la protezione ed una razionale gestione degli spazi verdi della città.

5. Le finalità del Regolamento sono le seguenti:

- tutelare e promuovere il verde come elemento qualificante del contesto urbano, come fattore di miglioramento della qualità della vita degli abitanti e attrattore di nuove iniziative economiche e turistiche nel territorio, sviluppate con criteri ecocompatibili;
- contribuire ad una razionale gestione del verde esistente;
- sviluppare una corretta e professionale progettazione e realizzazione delle nuove opere a verde;
- favorire un uso delle aree verdi del territorio comunale compatibile con le risorse naturali presenti in esse;
- incentivare la partecipazione della cittadinanza sulle questioni relative alla gestione e allo sviluppo del verde urbano;
- indicare le modalità di intervento sul verde e le trasformazioni del territorio più consone al mantenimento e allo sviluppo della vegetazione esistente, all'incremento delle presenze verdi nel contesto urbano ed alla connessione tra spazi verdi, per consentire una maggior accessibilità ed un loro collegamento allo scopo di definire un vero e proprio sistema del verde e favorire la realizzazione di reti ecologiche urbane;
- favorire la salvaguardia e l'incremento della biodiversità;
- diffondere la cultura del rispetto e della conoscenza del patrimonio naturale presente in città, attraverso l'informazione al cittadino e la promozione di eventi pubblici volti alla sensibilizzazione ed al miglioramento delle conoscenze sulla vita vegetale e animale e sulle funzioni da esse espletate.

6. Nell'ambito del verde urbano una particolare attenzione va posta al patrimonio arboreo presente che, per le valenze estetiche, storiche, architettoniche e sanitarie rappresenta un elemento imprescindibile e fondamentale per ogni agglomerato urbano.

7. Nel contesto cittadino, gli alberi risentono di numerosi fattori negativi di origine antropica come l'inquinamento atmosferico, l'impermeabilizzazione e la carenza nutritiva dei suoli, gli ostacoli allo sviluppo radicale ed epigeo e soprattutto le lesioni meccaniche di vario tipo originate da scavi e cantieri in genere, da parcheggi non regolamentati ma anche dalle potature necessarie per contenerne le dimensioni e non ostacolare o danneggiare traffico, illuminazione, edifici ed altro.

8. Tutto ciò è fonte di grandi stress vegetativi, diminuzione delle difese naturali con maggiori possibilità di aggressione di patogeni, invecchiamento precoce, riduzione delle capacità fotosintetiche e rischi di schianto a terra con conseguente pregiudizio per l'incolumità dei cittadini.

9. Le disposizioni del presente Regolamento hanno quindi l'obiettivo di definire una razionale gestione di tale patrimonio mediante la tutela e il rispetto dei soggetti arborei, la loro cura, difesa e valorizzazione sia nel contesto della progettazione e realizzazione di interventi infrastrutturali e di trasformazione urbanistica, sia in quello di singoli interventi minori che possono provocare danni comunque rilevanti.

TITOLO II: FUNZIONI, TIPOLOGIE E AMBITI DI APPLICAZIONE DEL VERDE URBANO

Articolo 2 - Funzioni del verde urbano

1. Le funzioni del verde urbano per il controllo ambientale, fino ad oggi riconosciute e dimostrate su basi scientifiche, sono così riassumibili:

- A) Mitigazione dell'inquinamento atmosferico e acustico
 - Attenuazione delle variazioni microclimatiche (temperatura, umidità, ventosità)
 - Depurazione dell'aria
 - Produzione di ossigeno
 - Attenuazione dei rumori
 - Azione antisettica
 - Riduzione di inquinanti nell'atmosfera: monossido di carbonio, cloro, fluoro, ossidi di azoto, ozono, PAN (acidi nitriloperacetici), anidride solforosa, ammoniaca, piombo
- B) Difesa del suolo
 - Riduzione della superficie impermeabilizzata
 - Recupero dei terreni marginali e dismessi
 - Riduzione dei tempi di corrivazione ed effetto di regolazione sullo smaltimento delle piogge
 - Depurazione idrica
 - Consolidamento delle sponde fluviali e dei versanti franosi
- C) Sostegno alla biodiversità
 - Conservazione della biodiversità
 - Incremento della biodiversità
- D) Miglioramento dell'estetica ed immagine della città
- E) Sviluppo delle funzioni ricreative e sportive libere in spazi non strutturati
- F) Sviluppo della didattica naturalistica e della cultura storico-sociale ed ambientale.

2. La vegetazione, in ogni sua manifestazione, è elemento essenziale per la conservazione della biodiversità. E' pertanto indispensabile:

- a) rispettarla come elemento di identità del territorio locale e come fattore determinante per la qualità della vita degli abitanti;
- b) conoscerla, censirla e monitorarla nel suo sviluppo;
- c) considerarla nelle scelte di trasformazione territoriale come elemento irrinunciabile per il paesaggio urbano;
- d) mantenerla quanto più possibile integra;
- e) incrementarla nel rispetto delle specie che caratterizzano il contesto locale siano esse autoctone o naturalizzate;
- f) curarla con le migliori tecniche fitosanitarie disponibili.

Articolo 3 - Tipologie di verde urbano e ambiti di applicazione

1. Il presente Regolamento disciplina, nell'ambito dei principi dell'ordinamento delle autonomie locali, l'attività diretta alla salvaguardia e alla corretta gestione del verde urbano pubblico e privato del Comune di Torino ed in particolare la tutela, la progettazione, la realizzazione, la manutenzione e la fruizione del patrimonio vegetale presente nel suo territorio.

2. La classificazione delle varie tipologie di verde distingue:
- piccoli giardini e spazi verdi (verde di vicinato - riferito a spazi che hanno un raggio di utenza di 50-100 m e dimensioni inferiori a 500 mq);

- giardini scolastici, giardini di quartiere, orti urbani (verde di quartiere - riferito a spazi che hanno un raggio di utenza fino a 500 - 1.000 m e dimensioni fra 500 e 5.000 mq);
 - giardini e parchi storici, aree verdi di rappresentanza (verde a valenza cittadina - riferito a spazi che hanno una funzione per tutti i cittadini e dimensioni fra 5.000 e 10.000 mq);
 - parchi estensivi urbani e periurbani a carattere prevalentemente naturalistico (verde a valenza cittadina o extracittadina e dimensioni maggiori di 10.000 mq).
3. In particolare, per quanto concerne gli orti urbani (normati dal Regolamento Comunale per l'assegnazione e la gestione degli orti urbani), spetta alle Circoscrizioni l'affidamento in gestione a privati.
4. In questo sistema di tipologie del verde si deve considerare anche il verde di arredo utilizzato per creare separazione all'interno della viabilità veicolare o delle infrastrutture, o delle zone industriali; il verde quindi si configura come trama di connessione tra le aree interne della città, fra le aree periferiche periurbane e fra queste e la campagna.
5. In stretta correlazione fitosociologica, ecologica ed estetica con il verde pubblico, si pone il verde privato. Quest'ultimo, variabilmente a seconda del retroterra storico, della maggiore o minore distanza dal centro della città, dei costumi e del livello culturale degli abitanti, può giungere a rivestire un'importanza notevolissima, per estensione o per qualità.
6. Il presente Regolamento si applica quindi alle aree verdi di proprietà della Città e alle aree private presenti nel territorio comunale.
7. L'ambito di applicazione riguarda gli spazi verdi di seguito elencati:
- parchi e giardini pubblici e privati;
 - parchi e giardini storici pubblici e privati;
 - alberate stradali;
 - alberi di pregio e monumentali pubblici e privati;
 - prati e coltivi;
 - banchine alberate, aiuole stradali e spazi verdi e/o alberati a corredo di servizi pubblici e delle infrastrutture, parcheggi alberati;
 - arbusti e siepi, macchie di vegetazione arborea ed arbustiva;
 - sponde fluviali;
 - aree destinate a parco dal vigente PRGC (parchi urbani, fluviali, collinari);
 - aree di recupero ambientale e di nuova naturalizzazione;
 - boschi e zone boscate;
 - verde di uso collettivo in carico a gestori diversi (Circoscrizioni, cimiteri, scuole, Aziende Sanitarie Ospedaliere, chiese e conventi, impianti sportivi, aree militari, aree industriali, verde in carico all'Agenzia Territoriale per la Casa, all'Amiat, alla Soprintendenza per i Beni Architettonici e del Paesaggio del Piemonte, alla Provincia di Torino, ecc.);
 - orti urbani regolamentati (normati dal Regolamento Comunale per l'assegnazione e la gestione degli orti urbani).
8. Il Regolamento trova applicazione nelle aree a verde pubblico ed in quelle a verde privato, con le indicazioni illustrate nei vari articoli. In linea generale dovrà incentivare l'inserimento di specie autoctone o naturalizzate nella realizzazione di nuove aree verdi ad uso pubblico.
9. L'Amministrazione Comunale si avvarrà, per gli aspetti operativi relativi all'applicazione del Regolamento, dei propri organi tecnici e amministrativi facenti capo agli Uffici del Settore Gestione Verde o sua successiva denominazione (S.S.D.).

TITOLO III: COINVOLGIMENTO DEL CITTADINO, SENSIBILIZZAZIONE E PROMOZIONE DELLA CULTURA DEL VERDE, AFFIDAMENTO E SPONSORIZZAZIONE

Articolo 4 - Il Cittadino e le Associazioni

1. Il cittadino, facendosi portatore dei contenuti del Regolamento, è chiamato a difendere il verde da qualsiasi azione che vada contro i principi di tutela ecologico-ambientale, biologica, paesaggistica, urbanistica ed estetica, sulla base delle specifiche motivazioni precedentemente descritte.
2. Il Comune di Torino promuove tutte le forme di partecipazione del cittadino (direttamente o tramite Associazioni) alle attività di tutela e valorizzazione del verde.
3. La progettazione di nuove aree verdi diviene occasione privilegiata di accrescimento culturale se coinvolge direttamente i potenziali fruitori, i cittadini, i Consigli di Circoscrizione, attraverso forme organizzate di cittadinanza attiva e progettazione partecipata.

Articolo 5 - Sensibilizzazione e promozione della cultura del verde

1. Le aree verdi pubbliche e private di qualsiasi forma e dimensione sono sede privilegiata di iniziative volte alla sensibilizzazione ambientale e alla promozione della cultura del verde.
2. L'Amministrazione promuove iniziative volte alla sensibilizzazione e diffusione delle conoscenze sulle varie funzioni e attività svolte.
3. Le regole inerenti la fruizione del verde pubblico, oltre che ad essere previste dal presente Regolamento (nel capitolo sesto), sono richiamate nel Regolamento di Polizia Urbana ed esposte nelle principali aree verdi pubbliche, mediante apposita cartellonistica.
4. Sono riconosciute come opportunità di diffusione e accrescimento della cultura del verde anche le attività ordinarie di manutenzione del verde. L'Amministrazione comunica alla cittadinanza gli interventi più rilevanti sul verde pubblico (manutenzione, risanamento, nuova progettazione, ecc.), mediante comunicati stampa, diffusione di informazione tramite il sito internet, opuscoli illustrativi ed adeguata cartellonistica di cantiere.

Articolo 6 - Affidamento e sponsorizzazione delle aree verdi

1. Nell'intento di permettere e di regolamentare la partecipazione diretta di privati alle opere di manutenzione delle aree a verde pubblico e alla gestione di servizi ad esse collegati, l'Amministrazione Comunale ha la facoltà di affidare a persone fisiche o giuridiche, previa specifica richiesta formale ed accertata capacità, la manutenzione di piccole aree di verde pubblico, la gestione di servizi ad esse collegati, nonché la realizzazione di interventi di sistemazione a verde, di arredo urbano e di strutture finalizzate all'utilizzo del verde in generale.
2. Nelle zone urbane di trasformazione, ove si collocano interventi di edilizia residenziale con realizzazione di aree verdi di uso pubblico cedute alla Città a scemputo degli oneri di urbanizzazione, l'Amministrazione Comunale può dare in custodia ai proprietari in forma associata (Gruppi di Vicinato) mediante stipula di apposite convenzioni, specifiche aree verdi a condizione che ne venga mantenuto l'uso pubblico, ove sussistano motivi di particolare criticità per la sicurezza e manutenzione.
3. Con il termine "affidamento" si intende la conduzione di interventi di manutenzione di aree verdi comunali, generalmente di piccola estensione, e/o la gestione di servizi ad esse collegati, svolta da privati in forma di volontariato.
4. Con il termine "sponsorizzazione" si intende la conduzione di interventi di manutenzione di aree verdi comunali, generalmente di piccola estensione, e/o la gestione di servizi ad esse collegati e/o la

realizzazione di interventi di sistemazione a verde o in materia di arredo urbano, svolte da soggetti privati a titolo gratuito, in cambio dell'installazione di una o più targhe informative realizzate e collocate secondo modalità stabilite dall'Amministrazione mediante regolamento o altro idoneo atto o altre forme di pubblicità da definirsi.

5. L'affidamento e la sponsorizzazione sono regolati da apposite convenzioni effettuate e da un disciplinare predisposto dall'Amministrazione Comunale e concordato, per ogni singolo caso, preventivamente con il Settore Gestione Verde (o S.S.D.) e sottoscritto dalle parti.

6. Nei casi di sponsorizzazione, è consentito allo sponsor di installare nell'area verde una o più targhe informative indicanti il nome, il logo del soggetto esecutore delle opere ed eventualmente organizzare eventi atti a favorire la conoscenza del marchio dello sponsor. Tipologia, quantità e durata di permanenza di tali targhe, saranno concordati tra Amministrazione Comunale e sponsor per ogni singolo caso.

TITOLO IV: NORME DI ESCLUSIONE E DIVIETI

Articolo 7 - Norme di esclusione

1. In linea generale sono escluse dalla presente regolamentazione le piantagioni di alberi da frutta, le coltivazioni specializzate e semispecializzate per l'arboricoltura da legno, le attività florovivaistiche.

2. Tali impianti, per essere esclusi dagli effetti del presente Regolamento, devono essere soggetti a lavorazioni annuali o periodiche che limitino lo sviluppo della vegetazione arbustiva e arborea invadente ed essere individuati come tali a catasto.

Articolo 8 - Divieti

1. Fatte salve le prescrizioni contenute nei successivi capitoli e nelle norme tecniche ad essi collegate è vietato utilizzare le aree verdi pubbliche o private per scopi non conformi alla loro destinazione d'uso ed è vietato altresì compromettere in qualsiasi modo la vitalità del suolo, del soprasuolo e del sottosuolo.

2. Al fine di salvaguardare al meglio il patrimonio verde ed impedirne il degrado, nel Regolamento vengono indicati una serie di divieti che investono sia gli aspetti comportamentali sia le modalità di utilizzo delle aree verdi.

3. In particolare, il dettaglio specificato nell'articolo 80 (*Divieti comportamentali e divieti di utilizzo improprio degli spazi verdi*) evidenzia le situazioni più critiche, che causano danneggiamenti temporanei o più significativi, che abitualmente o saltuariamente si riscontrano sulle aree verdi e che compromettono la valenza estetica e ornamentale del verde, interferendo con equilibri biologici che vanno salvaguardati, pena il rapido degrado dello stesso.

**CAPITOLO SECONDO: PRINCIPI, CRITERI, NORME DI CARATTERE GENERALE.
TUTELA DEGLI ALBERI DI PREGIO; PARCHI E GIARDINI DI PREGIO STORICO,
ARCHITETTONICO E AMBIENTALE**

TITOLO I: PRINCIPI E CRITERI

Articolo 9 - Pianificazione

1. La pianificazione del verde urbano, in assenza di uno specifico Piano del verde, trae origine dall'applicazione del vigente Piano Regolatore Generale Comunale approvato con deliberazione della Giunta Regionale n. 3-45091 del 21 Aprile 1995 pubblicata sul B.U.R. n. 21 del 24 maggio 1995.
2. In tale ambito l'aspetto pianificatorio più significativo per ciò che concerne il verde è il Progetto Torino Città d'Acque, approvato con deliberazione del Consiglio Comunale del 21 dicembre 1993 ¹, che ha come obiettivo la realizzazione di un sistema continuo di parchi fluviali collegati fra loro sia da fasce verdi che da percorsi ciclabili e pedonali allo scopo di recuperare il paesaggio circostante, i quattro corsi d'acqua cittadini e di restituire aree oggi degradate all'utilizzo dei cittadini.
3. Parimenti la Città riconosce l'importanza dell'elaborazione di un Piano urbano del verde con l'obiettivo di valorizzarne i punti di forza ed affrontare le criticità che ne limitano le potenzialità, prima fra tutte la necessità di connessione fra le aree esistenti allo scopo di evitarne l'isolamento.

Articolo 10 - Programmazione

1. Il patrimonio verde della città è un sistema vivente in evoluzione che richiede un'attività costante di monitoraggio, manutenzione, presa in cura da parte di molti soggetti con responsabilità specifiche e differenziate. Gli interventi su tale patrimonio devono essere ispirati ai criteri della tutela e valorizzazione e condotti in maniera programmata per garantire nel tempo le migliori condizioni e lo sviluppo dell'intero sistema.
2. Per una valida programmazione e gestione del verde urbano occorre:
 - rendere sistematici ed omogenei gli interventi di gestione del verde mediante predisposizione di opportuni cronoprogrammi;
 - effettuare gli interventi manutentivi secondo i criteri agronomici più aggiornati e nel rispetto delle tecniche colturali consolidate;
 - migliorare la qualità della vegetazione urbana, allungando il ciclo vitale degli alberi e favorendone un normale sviluppo;
 - massimizzare gli effetti positivi della vegetazione sull'ambiente, nei limiti imposti dallo spazio disponibile, dalle condizioni colturali e dalle disponibilità economiche; garantire una crescita sincrona della città e del suo patrimonio arboreo;
 - monitorare il costo della gestione del verde ed adeguare le risorse disponibili all'incremento quantitativo e qualitativo del verde cittadino in rapporto agli standard europei.

Articolo 11 - Manutenzione

¹ Deliberazione del Consiglio Comunale (n. meccanografico 9310321/46) avente per oggetto: "Progetto Torino Città d'Acque. Interventi finalizzati alla realizzazione del parco fluviale del Po, della Stura, della Dora, del Sangone".

1. Gli interventi prevalenti di gestione del patrimonio verde sono riconducibili al concetto generale di manutenzione ordinaria e straordinaria. La cadenza degli interventi è legata alla tipologia di verde ed agli standard qualitativi che l'Amministrazione Comunale ha individuato. Tale concetto fa riferimento a tutte le pratiche necessarie per mantenere in salute e in sicurezza le componenti del sistema verde e lo svolgimento delle stesse verrà previsto ed incluso nel Piano del verde urbano.

Articolo 12 - Realizzazione del verde

1. Nella realizzazione di nuovi giardini, parchi e aree verdi in genere, i soggetti pubblici e privati devono ispirarsi ai seguenti criteri:

- a) scelta prevalente di piante autoctone o naturalizzate nella fascia climatica dell'area della pianura e collina piemontese ed utilizzo di materiale vivaistico di prima qualità;
- b) rispetto della biodiversità in ambito urbano;
- c) rispetto delle distanze tra alberi, costruzioni limitrofe e sedi stradali;
- d) corretta progettazione tecnica, ambientale e paesaggistica;
- e) scelta di piante che apportino il maggior beneficio ambientale;
- f) diversificazione delle specie al fine di ottenere maggiore stabilità biologica e minore incidenza di malattie e parassiti;
- g) ottimizzazione dei costi di impianto e di manutenzione;
- h) facilità di manutenzione;
- i) rispetto della funzione estetica del verde.

TITOLO II: NORME DI CARATTERE GENERALE

Articolo 13 - Norme sovraordinate esistenti

1. Le leggi nazionali e regionali sovraordinate di cui è configurabile l'applicazione in ambito urbano sono riportate nell'allegato n. 1: avendo carattere sovraordinato, prevalgono sui regolamenti locali.

Articolo 14 - Norme urbanistico-edilizie di attuazione (N.U.E.A.) del P.R.G. vigente della Città di Torino in materia di tutela delle alberate e formazione del verde

1. Le aree a "verde" esistenti e di progetto nonché le alberature sono disciplinate dal Piano Regolatore Generale (P.R.G.) vigente, in particolare, agli articoli delle N.U.E.A. (in allegato n. 2) di seguito richiamati:

- articolo 2 Definizioni - comma 28 "14 Verde privato";
- articolo 8 Aree Normative: classificazioni e destinazioni d'uso - comma 61 "15 Area S", comma 62 lettera "v" Aree per spazi pubblici a parco per il gioco e lo sport; comma 63 lettera "v" Aree per parchi pubblici urbani e comprensoriali;
- articolo 10 Zona urbana centrale storica - comma 20;
- articolo 13 Zone a verde privato con preesistenze edilizie (parte piana) - commi 1-3-5;
- articolo 17 Zone a verde privato con preesistenze edilizie parte collinare a levante del fiume Po - commi 1-2-6-9;
- articolo 19 Aree per servizi: generalità - commi 8-9-10;
- articolo 21 Parchi urbani e fluviali - commi 1-4bis-7-16-17-27-28;
- articolo 22 Aree a parco naturale della collina - commi 2-3-12-13;
- articolo 23 Aree per la viabilità - commi 1-5-7;

- articolo 25 Ambiti di riqualificazione dello spazio pubblico - commi 3-4-5-11;
- articolo 27 Norme di tutela ambientale - commi 10-11-12-13-14-15.

Gli allegati delle N.U.E.A. di riferimento sono costituiti da:

- Allegato A.
- Allegato B.

La cartografia di riferimento del P.R.G. vigente, è costituita da:

- Tavola n. 1 - Azzonamento scala 1:5.000.
- Tavola n. 2 - Edifici di interesse storico scala 1:2.000.
- Tavola n. 4 - Viabilità scala 1:15.000.

Allegati tecnici:

- Tavola n. 6 - Boschi e vincolo idrogeologico- parchi regionali - scala 1:10.000.
- Tavola n.14 - Immobili soggetti a vincolo ai sensi delle leggi n. 1089 del 1 giugno 1939 e n. 1497 del 20 giugno 1939 - scala 1. 10.000.

2. Sono fatte salve eventuali successive modificazioni e integrazioni delle N.U.E.A., della cartografia e degli allegati prescrittivi del P.R.G. in generale.

Articolo 15 - Individuazione e salvaguardia dei parchi e giardini di pregio storico, architettonico e ambientale pubblici e privati

1. Per parco o giardino storico si intende una composizione architettonica e vegetale che, dal punto di vista storico, culturale, artistico, naturalistico e botanico, presenta un interesse pubblico. Esso è l'espressione dello stretto rapporto tra civiltà e natura e testimonianza di una particolare epoca o cultura. Come tale, deve essere salvaguardato e considerato un monumento che, per sua natura, richiede cure continue da parte di personale qualificato ².
2. Il Comune di Torino, con riferimento anche all'articolo 9 della Costituzione italiana, individua, tutela e valorizza i parchi e i giardini storici presenti sul territorio comunale.
3. Si individuano come parchi e giardini storici tutte le aree verdi:
 - sulle quali è stato posto apposito vincolo legislativo in base alla Legge n. 1089 del 1 giugno 1939 "*Tutela delle cose d'interesse artistico o storico*", poi sostituita dal Decreto Legislativo del 29 ottobre 1999, n. 490 "*Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali*" e in base al Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n. 42 "*Codice dei beni culturali e del paesaggio*";
 - annesse agli edifici di proprietà di Enti Pubblici o Locali con più di 50 anni;
 - annesse a edifici di culto e/o di proprietà di Enti Religiosi con più di 50 anni;
 - annesse a edifici situati all'interno della zona urbana centrale storica (articolo 10 N.U.E.A.³) nonché delle zone urbane storico-ambientali (articolo 11 N.U.E.A.) con età maggiore di 50 anni.
4. Inoltre, si individuano come parchi e giardini storici:
 - i parchi e i giardini annessi agli immobili soggetti a vincolo ai sensi della Legge n. 1089 del 1 giugno 1939 e della Legge n. 1497 del 20 giugno 1939 (sostituite dal Decreto Legislativo del 29 ottobre 1999, n. 490 ed inseguito dal Decreto Legislativo n. 42 del 2004) nonché i punti panoramici segnalati per particolare valore paesistico ambientale, tutelati ai sensi del Decreto Legislativo n. 42 del 2004.

² Si veda l'allegato n. 3 concernente la Carta dei giardini storici detta "Carta di Firenze".

³ N.U.E.A. sono le Norme Urbanistico Edilizie di Attuazione del Piano Regolatore Generale di Torino.

5. I parchi e giardini sottoposti a tutela da parte della Soprintendenza per i Beni Architettonici ed il Paesaggio del Piemonte sono riportati nell'allegato n. 4.

6. La salvaguardia dei parchi e giardini storici esige che essi, una volta individuati, vengano catalogati.

A tal fine il Ministero per i Beni Culturali e Ambientali ha predisposto, per le aree sottoposte al vincolo di legge, apposita "Scheda P.G." ⁴ per la catalogazione di parchi e giardini storici sia nelle loro componenti verdi che in quelle architettoniche e decorative.

7. Gli interventi sugli spazi verdi vincolati per legge, ad esclusione di quelli manutentivi, devono essere preventivamente autorizzati dalla Soprintendenza per i Beni Architettonici ed il Paesaggio del Piemonte.

8. Per la tutela di tali aree verdi è vietata la realizzazione di opere come costruzioni interrato od altro che coinvolgano una quota superiore al 20% della superficie verde o la stessa quota del patrimonio arboreo radicato sull'area.

9. Qualora nelle aree verdi interessate siano stati rinvenuti, o è presumibile che possano essere rinvenuti, reperti archeologici, la richiesta di autorizzazione dovrà essere indirizzata anche alla Soprintendenza Archeologica del Piemonte.

10. Il vincolo di tutela è riferito non solo al patrimonio verde, ma anche agli elementi di arredo eventualmente presenti nell'area (per esempio: fontane, panchine, vasi, cordoli di aiuole, recinzioni, cancelli, ecc.).

11. Ciascuna operazione di manutenzione, conservazione e restauro, deve tenere conto di tutti gli elementi caratterizzanti il parco o il giardino storico in cui si opera.

12. In questa direzione, ogni sostituzione di alberi, arbusti, ecc., deve orientarsi verso specie che consentano la conservazione dell'identità del giardino stesso in una volontà di mantenimento e ricerca delle specie originarie.

13. Fatte salve le prescrizioni delle normative precitate e le relative competenze autorizzative, ogni intervento su proprietà pubbliche non eseguito direttamente dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.), deve essere da questo autorizzato in base a quanto previsto dal presente Regolamento.

14. L'accesso e l'uso dei giardini storici devono essere regolamentati in funzione della loro estensione, della capacità di contenere visitatori e della loro fragilità, in modo da preservarne l'integrità.

15. In ogni caso, l'interesse verso questi giardini dovrà essere stimolato, valorizzando questo patrimonio, facendolo conoscere ed apprezzare.

16. Durante la realizzazione di interventi edilizi che interagiscono con le aree verdi indipendentemente dalla loro vicinanza agli alberi, deve essere presentato unitamente al progetto edilizio anche un progetto di sistemazione finale dell'area riportante le indicazioni che si intendono adottare per la salvaguardia del verde esistente.

17. Tali progetti, se riguardano edifici e aree sottoposti al vincolo ministeriale, dovranno ottenere l'autorizzazione delle competenti Soprintendenze.

A) Interventi su proprietà private

⁴ Tale scheda di catalogazione del patrimonio verde (PG) è stata redatta dall'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione (ICCD) nel 1994 ed ha per sottotitolo. "Modello per il rilevamento dati per la precatalogazione di parchi e giardini". Sono fatte salve eventuali s.m.i..

1. Per interventi in giardini storici e per le aree di proprietà privata comunque vincolate dalle normative precitate, è necessaria la preventiva autorizzazione del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) qualora questi interessino direttamente o indirettamente le alberate presenti.
2. Ogni intervento di restauro deve rispettare l'evoluzione del giardino in questione.
3. Il restauro, come il ripristino, dovrà essere preceduto da uno studio approfondito e da un progetto che sia in grado di assicurare il carattere scientifico dell'intervento. Nel caso degli edifici tutelati per legge, tali analisi dovranno essere sottoposte alle competenti Soprintendenze; negli altri casi agli Uffici comunali competenti in materia. La progettazione dovrà inoltre rispettare quanto riportato nel presente Regolamento.
4. Qualora il progetto di restauro o di ripristino del giardino in questione non segua le procedure sopra riportate, al proprietario del fondo sarà comminata la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.

TITOLO III: TUTELA DEGLI ALBERI DI PREGIO E MONUMENTALI

Articolo 16 - Individuazione degli alberi di pregio e monumentali

1. Ferme restando le disposizioni del presente Regolamento, i soggetti individuati come alberi monumentali dalla *L.R. 3 aprile 1995 n. 50 - Tutela e valorizzazione degli Alberi Monumentali, di Alto Pregio Naturalistico e/o storico del Piemonte e successive modifiche ed integrazioni* (in allegato n. 5), così come quelli individuati dall'Amministrazione Comunale come alberi di pregio sono soggetti a particolare tutela in base a quanto dettato dal presente Regolamento.
2. Oltre alle procedure legate alla Legge Regionale n. 50/1995 sull'individuazione degli alberi monumentali, coloro che desiderino segnalare un albero che risponda alle caratteristiche di pregio indicate dal presente Regolamento, possono compilare e inviare l'apposita scheda (vedi allegato n. 6) fornita dall'Amministrazione Comunale.
3. Le schede pervenute verranno valutate dall'Amministrazione Comunale e successivamente, se le caratteristiche dell'albero saranno giudicate tali da comportare uno studio più approfondito per il riconoscimento dell'esemplare come albero monumentale, verranno inviate alla Regione Piemonte per la valutazione prevista ai sensi della Legge Regionale n. 50/1995.
4. L'individuazione come albero di pregio all'interno del territorio cittadino viene comunicata dall'Amministrazione Comunale ai proprietari, i quali possono presentare osservazioni nel termine di 30 giorni dalla data della comunicazione. L'Amministrazione Comunale potrà erogare contributi per la cura ordinaria e straordinaria degli alberi di pregio ai proprietari o agli aventi diritto che ne facciano richiesta, nel limite massimo del 50% delle spese sostenute e compatibilmente con le risorse disponibili.
5. Gli alberi monumentali sono dunque soggetti alla L.R. 50/1995 e chiunque desideri segnalare piante che possono avere queste caratteristiche seguirà le procedure indicate dalla Legge. La Commissione Tecnica ⁵ si esprimerà successivamente in relazione alle segnalazioni pervenute.

Articolo 17- Criteri per l'individuazione degli alberi di pregio

1. Il Settore Gestione Verde (o S.S.D.) valuta, mediante l'istituzione di un'apposita Commissione, gli alberi segnalati dai cittadini per l'eventuale inserimento nell'Elenco degli alberi di pregio della Città di Torino secondo i seguenti criteri:

⁵ Si tratta di una Commissione Tecnica Regionale denominata: "Commissione Tecnica per la tutela e valorizzazione degli alberi, filari ed alberate monumentali".

- dimensione: gli alberi per essere di pregio devono avere una dimensione (diametro) del tronco, misurata a 130 cm di altezza, superiore a 80 cm di diametro per le specie di prima grandezza, superiore a 60 cm di diametro per le specie di seconda grandezza e superiore a 40 cm per le specie di terza grandezza;
 - sviluppo complessivo dell'esemplare;
 - stato di salute della pianta;
 - particolarità del genere e della specie;
 - significativo pregio paesaggistico, storico, culturale, botanico;
 - ubicazione nel contesto urbano;
 - aventi un preciso riferimento ad eventi o memorie rilevanti dal punto di vista storico o culturale;
 - essere un riferimento tradizionale per la popolazione locale o avere significative potenzialità di diventare un riferimento tradizionale per la città.
2. La Commissione Alberi di Pregio sarà composta da 5 soggetti di cui: 3 facenti parte dei Settori afferenti al Verde Pubblico e 2 appartenenti ad organismi esterni aventi opportuno titolo o formazione professionale.
 3. In presenza di segnalazioni, la Commissione si riunisce con cadenza periodica minima di tre mesi per valutare gli stessi.

Articolo 18 - Obblighi per i proprietari

1. E' fatto obbligo ai proprietari degli alberi inseriti nell'Elenco degli Alberi di Pregio della Città di Torino di rimuovere le cause di danno alla vitalità delle piante e di adottare i provvedimenti necessari per la protezione contro eventuali effetti nocivi. In caso di inerzia protrattasi per almeno 30 giorni dalla notifica della rilevazione della causa di danno o in caso di grave pericolo per la vita delle piante, l'Amministrazione Comunale potrà effettuare gli interventi necessari in danno del privato proprietario.
2. Per i proprietari di alberi monumentali si rimanda alle prescrizioni della L.R. 50/1995.
3. L'Amministrazione Comunale, anche su istanza dei proprietari o degli aventi diritto, può promuovere iniziative di valorizzazione degli alberi, filari ed alberate monumentali e/o di pregio, al fine di divulgarne la conoscenza ed il significato della tutela, nonchè per migliorare il contesto territoriale ed ambientale circostante.

Articolo 19 - Interventi sugli alberi di pregio

1. Qualsiasi intervento sugli alberi di pregio riveste carattere di assoluta eccezionalità.
2. Per gli alberi di proprietà privata monumentali, di pregio o meritevoli di particolare tutela, censiti come previsto dall'articolo 17, è vietato l'abbattimento. In caso di rischio di schianto andranno preventivamente individuate opere provvisorie di mantenimento in sito alternative all'abbattimento.
3. Eventuali interventi di abbattimento, di potatura drastica, di modifica sostanziale della chioma e dell'apparato radicale che si rendessero indispensabili devono essere preventivamente autorizzati dall'Amministrazione Comunale tramite la Commissione Alberi di Pregio di cui all'articolo 17, previo parere del Settore Fitosanitario Regionale per quanto riguarda il genere *Platanus* ⁶.
4. L'inottemperanza alle suddette prescrizioni poste dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.) nell'autorizzazione comporta l'automatica decadenza dell'autorizzazione stessa e l'applicazione delle relative sanzioni amministrative previste dall'articolo 87.

⁶ Qui occorre far riferimento al Decreto Ministeriale del 17 aprile 1998 - Disposizioni sulla lotta obbligatoria contro il cancro colorato del platano "*Ceratocystis fimbriata*".

5. Ai fini del rilascio dell'autorizzazione, l'interessato deve corredare la richiesta con perizie specialistiche sulle condizioni fitosanitarie e sulla stabilità delle piante, nonché con elaborati tecnici illustrativi degli interventi che si intendono realizzare. L'autorizzazione reca le prescrizioni da rispettare per l'esecuzione degli interventi.
6. L'Amministrazione Comunale si riserva la facoltà di effettuare controperizie qualora lo ritenga opportuno.
7. Il proprietario degli alberi di pregio può eseguire, senza necessità di autorizzazioni comunali, la potatura a tutta cima con la tecnica del taglio di ritorno, la rimonda periodica del secco e conservare la forma della chioma degli esemplari allevati in forma obbligata, per i quali un abbandono al libero sviluppo vegetativo comporterebbe pericoli di scosciatura o instabilità.
8. La potatura degli alberi di pregio deve essere comunque effettuata con tutte le cautele come previsto dal presente Regolamento.
9. In caso di violazione degli obblighi di cui ai paragrafi precedenti, resta ferma per l'Amministrazione Comunale la possibilità di revocare l'autorizzazione eventualmente rilasciata.
10. Per i proprietari di alberi monumentali si rimanda alle prescrizioni della Legge Regionale 50/1995.

Articolo 20 - Sostituzioni a seguito di abbattimenti

1. Salvo casi particolari, in caso di abbattimento autorizzato di alberi di pregio, per ogni albero dovranno essere poste a dimora, in sostituzione, e secondo le indicazioni impartite dalla Commissione Alberi di Pregio, piante della stessa specie.
2. Gli alberi abbattuti dovranno essere sostituiti seguendo il criterio della compensazione ambientale, ripiantando cioè un numero di nuovi esemplari tale da parificare il valore ornamentale dei soggetti rimossi. 3. Numero e dimensione dei nuovi soggetti (di circonferenza comunque non inferiore a cm 40-45 per soggetti di prima grandezza, a 30-35 cm per soggetti di seconda grandezza, a 20-25 per soggetti di terza grandezza) dovranno preventivamente essere autorizzati dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.).
4. Per gli interventi effettuati da altri Settori dell'Amministrazione Comunale, qualora non sia possibile effettuare la compensazione all'interno dell'area interessata dai lavori, quest'ultima potrà essere effettuata dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.) in luoghi adiacenti.
5. Le somme necessarie agli interventi di compensazione dovranno essere inserite in quelle a disposizione dell'opera da realizzare.
6. L'Amministrazione Comunale si riserva la possibilità di indicare il luogo d'impianto qualora sussistano ragioni di conservazione delle caratteristiche storiche, paesaggistiche, ambientali, tecniche.
7. Le piante abbattute senza autorizzazione devono comunque essere sostituite così come indicato nei paragrafi precedenti.

CAPITOLO TERZO - NORME DI CARATTERE SPECIALE: INTERVENTI SUL VERDE

TITOLO I: MANUTENZIONE E SALVAGUARDIA DELLE AREE VERDI

Articolo 21 - Lavori culturali di manutenzione ordinaria e straordinaria

1. Compito istituzionale dell'Amministrazione Comunale e dei suoi uffici competenti in merito alla gestione delle aree verdi ad uso pubblico è il mantenimento del patrimonio arboreo ed arbustivo, delle aiuole, delle aree a prato e di ogni spazio verde cittadino nelle migliori condizioni, garantendone la pulizia e la sicurezza, in particolare nelle aree a più elevata fruizione. Analogo obbligo vige a carico dei concessionari a qualunque titolo di aree verdi di proprietà pubblica che sono responsabili dei beni in uso.
2. L'Amministrazione, all'interno dei parchi pubblici di grande estensione, può destinare una superficie variabile all'evoluzione spontanea della vegetazione, nell'ottica della gestione differenziata, limitando o evitando totalmente, gli interventi manutentivi quali la raccolta delle foglie o lo sfalcio dell'erba; tali aree, con carattere di sperimentazione, vengono segnalate con adeguata cartellonistica ed eventuale delimitazione.
3. Le manutenzioni riguardano la conservazione in uno stato ottimale delle piante, della vegetazione arbustiva ed erbacea e degli spazi verdi in genere, nonché la conservazione della loro valenza ornamentale, secondo i criteri contenuti nel presente Regolamento e nel rispetto dei vincoli imposti da esigenze storiche, progettuali, legislative.
4. Gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria sul verde pubblico, così come le potature e gli abbattimenti o le nuove piantagioni e semine, effettuati sul territorio gestito dall'Amministrazione Comunale, sono eseguiti nel rispetto dei principi fissati dal presente Regolamento, dal *Regolamento Comunale per la tutela dall'Inquinamento acustico*, dalle vigenti norme sulla sicurezza, dalla normativa ambientale e dalle norme di lotta obbligatoria in campo fitosanitario.
5. L'Amministrazione Comunale effettua la manutenzione ordinaria e straordinaria delle aree in custodia con personale proprio o mediante affidamento dei servizi/lavori attraverso appalti pubblici. Secondo quanto previsto dal vigente Statuto della Città, la manutenzione ordinaria delle aree verdi di quartiere e scolastiche, è decentrata alle rispettive Circoscrizioni che eseguono gli interventi secondo i principi dettati dal presente Regolamento e con il coordinamento tecnico del Settore Gestione Verde (o S.S.D.).
6. L'Amministrazione Comunale può affidare ad Associazioni o a Cooperative a vario titolo, o ad imprenditori agricoli la manutenzione ordinaria (limitatamente ad aree in cui sono previsti interventi di conduzione agraria quali fienagione, gestione di frutteti, coltivazioni agricole o forestali, interventi selvicolturali), la sorveglianza e la pulizia di specifiche aree, al fine di ottenere il coinvolgimento della cittadinanza nella gestione e nel corretto uso delle aree verdi pubbliche.
7. In tutti i casi gli interventi devono essere eseguiti a regola d'arte nel rispetto delle convenzioni stipulate e sono sottoposte al controllo e coordinamento del Settore Gestione Verde (o S.S.D.).
8. Nel caso di manomissioni non autorizzate sul verde verticale o orizzontale in affidamento o in convenzione o in concessione a privati o a terzi da parte dell'Amministrazione Comunale, oppure nel caso di mancati adempimenti di obblighi di manutenzione, come da convenzione o concessione in corso, gli Uffici tecnici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) proporranno al Settore di competenza la revoca della convenzione o della concessione in corso e, contestualmente, redigeranno i verbali e i documenti opportuni per il calcolo del valore ornamentale da utilizzarsi come base per gli interventi di compensazione che dovranno essere realizzati dal soggetto non ottemperante le prescrizioni della convenzione o concessione.

9. Nel corso di qualunque servizio, intervento od opera pubblica che interessi aree verdi ed alberate, il Direttore dei Lavori, per conto dell'Amministrazione, garantisce in merito alla corretta esecuzione degli interventi e, nel caso di mancata osservanza del presente Regolamento, provvede ad inviare la segnalazione al Settore Gestione Verde (o S.S.D.) che, effettuati gli opportuni controlli, stabilirà le eventuali operazioni di ripristino da effettuare, la sanzione amministrativa e l'eventuale valore ornamentale e/o del danno biologico da addebitare all'impresa.

10. Qualora i lavori colturali previsti dal presente articolo non vengano eseguiti in modo corretto o come indicato dagli Uffici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.), all'impresa esecutrice dei lavori sarà comminata la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.

11. In ogni intervento edilizio che comporti significativa variazione volumetrica (cioè ristrutturazione con riplasmazione, sostituzione edilizia, completamento e nuovo impianto), è fatto obbligo di destinare alla sistemazione a verde in piena terra, con alberi di medio o alto fusto, una porzione non inferiore al 20% del terreno libero da costruzioni emergenti oltre a metri 1,50. Qualora tale percentuale non possa essere raggiunta per fondate e comprovate motivazioni, ferma restando una quota minima inderogabile pari al 10%, si dovranno adottare soluzioni compensative consistenti nella realizzazione di facciate verdi o di maggiori superfici di verde pensile oltre le quantità minime stabilite dalle norme di P.R.G., o consistenti in interventi sullo spazio pubblico concordati con gli Uffici Comunali competenti. Le superfici compensative dovranno essere almeno pari al doppio delle superfici in piena terra non realizzate.

11 bis. Ai fini dell'attuazione della variante parziale al P.R.G.C. n. 310 relativa al comprensorio industriale "Pescarito-ambito Lavazza" si applicano, con riferimento a quanto prescritto dal comma 11 dell'articolo 21, le prescrizioni specifiche di cui all'articolo 14 comma 11 delle NUEA: "Norme specifiche per il comprensorio industriale Pescarito-ambito Lavazza relative alle NUEA del P.R.G. vigente, al Regolamento edilizio, al Regolamento comunale in materia di contributo di costruzione e al Regolamento del verde pubblico e privato del Comune di Torino della variante medesima".

Aree verdi in concessione

1. I concessionari a qualunque titolo di aree verdi di proprietà pubblica, i proprietari di aree verdi private e gli altri gestori del verde di uso collettivo (Circoscrizioni, cimiteri, scuole, Aziende Sanitarie Ospedaliere, chiese e conventi, impianti sportivi, aree militari, aree industriali, Agenzia Territoriale per la Casa, Amiat, Soprintendenza per i Beni Architettonici e del Paesaggio del Piemonte, Provincia di Torino, ecc.) devono garantire la corretta esecuzione degli interventi manutentivi delle aree verdi in loro custodia, in loro proprietà, in convenzione o in gestione, nel rispetto del Regolamento e dei suoi allegati.

2. La manutenzione ordinaria e straordinaria delle aree verdi e delle alberate comunali in concessione a terzi è in carico al concessionario gestore che ne ha la responsabilità in quanto bene in custodia, ai sensi dell'*articolo 2051 del Codice Civile*, con l'obbligo di effettuare gli interventi necessari nel rispetto del presente Regolamento. Per ciò che concerne gli impianti sportivi - di cui al Regolamento per la gestione sociale in regime di convenzione degli impianti sportivi comunali - la potatura rimane in carico al Settore Gestione Verde (o S.S.D.) dietro motivata richiesta del concessionario che mantiene in ogni caso le responsabilità di cui al precedente paragrafo.

3. I progetti di manutenzione straordinaria che coinvolgono aree verdi in concessione sono soggetti all'approvazione del Settore Gestione Verde (o S.S.D.).

4. Affinché il Settore Gestione Verde (o S.S.D.) possa effettuare la potatura, gli alberi devono essere accessibili in qualsiasi momento ai mezzi d'opera. La rimozione degli ostacoli alla manutenzione, di

qualsiasi natura essi siano ed in qualsiasi momento siano stati realizzati, è a totale carico del concessionario. Qualora il concessionario non provveda alla rimozione di quanto d'ostacolo alla manutenzione, questi dovrà farsi carico di tutto quello che la manutenzione comporta nel rispetto dei principi del presente Regolamento e in quanto custode del bene sarà ritenuto responsabile nei confronti della Città e di terzi.

5. Per qualsiasi intervento edificatorio all'interno dell'area verde pubblica oggetto di concessione, valgono le prescrizioni dettate dal presente Regolamento; per intervento edificatorio si intende ogni intervento permanente o temporaneo (dehors, tettoie, recinzioni, ecc.) di manutenzione ordinaria o straordinaria dei sottoservizi o delle strutture presenti nel sottosuolo da parte di concessionari a qualunque titolo di aree verdi di proprietà pubblica.

Articolo 22 - Salvaguardia delle siepi e delle macchie arbustive

1. Le siepi e le macchie arbustive a prevalenza di specie autoctone, ad eccezione di quelle di rovo, devono essere salvaguardate ed è vietato il loro danneggiamento o la loro estirpazione.
2. Nei casi di danneggiamento o estirpazione sarà comminata la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.
3. L'estirpazione di siepi e macchioni arbustivi di cui sopra, fatta eccezione per le aree di pertinenza degli edifici, è consentita solo nei casi di stretta necessità (quali pubblica utilità, pericolo per persone e cose, pericolo per la viabilità, piante divenute sede di focolai di fitopatologie particolarmente virulente, ecc.). Per siepi di particolare pregio, l'Amministrazione Comunale potrà definire interventi complementari e di riqualificazione, volti sia alla salvaguardia dell'aspetto storico o paesaggistico che al miglioramento delle caratteristiche tipiche della specie.
4. In caso di estirpazione è però obbligatoria la sostituzione delle siepi e delle macchie arbustive eliminate, ovvero l'adozione di idonei interventi che permettano di ripristinare la stessa massa vegetale eventualmente anche in luoghi adiacenti.
5. Per gli interventi effettuati da altri Settori dell'Amministrazione Comunale, qualora non sia possibile effettuare la compensazione all'interno dell'area interessata dai lavori, quest'ultima potrà essere effettuata dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.) in luoghi adiacenti.
6. Le somme necessarie agli interventi di compensazione dovranno essere inserite in quelle a disposizione dell'opera da realizzare.
7. Sono esclusi gli interventi, da parte dei Consorzi di bonifica ed altri Enti competenti, volti a garantire il regolare deflusso delle acque fluviali e degli scoli.

Articolo 23 - Salvaguardia degli arbusti e degli alberi

1. La conservazione, la valorizzazione e la diffusione del patrimonio verde, sia sulla proprietà pubblica sia su quella privata, sono riconosciute quali fattori di qualificazione ambientale.
2. Su tutto il territorio comunale devono essere conservati:
 - a) gli arbusti che per rarità della specie, o comunque per morfologia e vetustà risultino di particolare pregio;
 - b) gli alberi aventi dimensione (diametro) del tronco, misurata a 130 cm di altezza, superiore a 40 cm di diametro per le specie di prima grandezza, superiore a 35 cm di diametro per le specie di seconda grandezza e superiore a 25 cm per le specie di terza grandezza, fatti salvi gli alberi di nuovo impianto inseriti in progetti unitari anche qualora siano di diametro inferiore alle misure sopra indicate.

- c) gli alberi policormici (con tronco che si divide in più fusti dal colletto) se almeno uno di essi raggiunge i 20 cm di diametro, misurato a 130 cm di altezza da terra;
 - d) piante poste in sostituzione obbligatoria di alberi abbattuti, anche se privi delle caratteristiche sopra elencate.
3. I soggetti compresi nei punti a) e d) sono sottoposti ai vincoli previsti dall'articolo 38 (abbattimento di alberature pubbliche).
 4. Sono pure oggetto di tutela gli arbusti che raggiungono singolarmente o in gruppo un volume almeno pari a 5mc. Le alberature di interesse paesaggistico-ambientale e storico-culturale oggetto di tutela ai sensi di leggi nazionali e regionali sono inoltre soggette alle norme specifiche di dette leggi.
 5. Tali prescrizioni possono essere derogate su indicazione del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) in caso di pubblica incolumità e nei casi previsti da normativa vigente.

Articolo 24 - Norme relative al territorio collinare

1. Per la tipologia di interventi ammessi sul territorio collinare si rimanda all'Allegato B delle N.U.E.A..
2. Su tutto il territorio collinare (articolo 22 comma 12 delle N.U.E.A. ⁷) è vietato ridurre a colture i boschi e le zone boscate, e alterare la morfologia e l'assetto idrogeologico del territorio. Gli interventi sui boschi e sulle zone boscate dovranno essere preventivamente autorizzati ai sensi delle norme vigenti di in materia di tutela ambientale e paesistica, e delle prescrizioni dettate dalle leggi forestali in vigore.
3. E' poi espressamente vietata la copertura e l'intubamento dei rivi collinari, e qualsiasi intervento edificatorio nella fascia di rispetto di m. 20 dall'asse dei rivi collinari. Gli interventi di sistemazione idraulica dovranno essere realizzati con tecniche di ingegneria naturalistica (v. articolo 25), senza manufatti in cemento. Analoghe prescrizioni valgono per eventuali interventi di consolidamento di versanti franosi.
4. Per la precisazione di ulteriori dettagli sulle modalità d'intervento si rimanda al già citato Allegato B delle N.U.E.A..
5. Tutti i progetti di regimazione e di consolidamento dovranno essere preventivamente sottoposti all'esame degli Enti competenti in materia.
6. Su tutto il territorio collinare gli interventi di recinzione di aree pubbliche e private dovranno essere consoni con l'ambiente circostante, non ostacolare le visuali panoramiche (in particolare sui percorsi storici collinari), e non occludere i percorsi pedonali identificati nelle Tavole di Piano all'interno di tutte le aree del parco naturale della collina (identificate dall'articolo 22 delle N.U.E.A. ⁸).
7. Gli interventi di costruzione di recinzioni su aree private devono essere preventivamente autorizzati dagli Uffici comunali competenti in materia di edilizia privata.
8. Per le parti del territorio collinare ricadenti all'interno del Parco regionale della Collina di Superga gli interventi sui boschi e sulle zone boscate dovranno essere preventivamente sottoposti al parere

⁷ Cita l'art. 22 comma 12 delle N.U.E.A.: "All'interno del parco è vietato:

- costruire nuovi edifici e strutture stabili o temporanee (salvo quelle previste dal piano esecutivo del parco);
- ridurre a coltura le aree boschive;
- alterare la morfologia e l'assetto idrogeologico del territorio.

Per gli ambiti ricadenti entro il Parco regionale di Superga, sono fatte salve le disposizioni di cui alla legge istitutiva del parco stesso (L.R. 14 novembre 1991, n. 55)".

⁸ Art. 22 delle N.U.E.A.: "Aree a parco naturale della collina".

dell'Ente Gestore dell'Area Protetta.

Articolo 25 - Interventi di riassetto idrogeologico

1. Tali interventi sono normati dall'Allegato A e dall'Allegato B delle N.U.E.A..
2. Il monitoraggio ed il riassetto idrogeologico e forestale delle aree verdi collinari di proprietà della Città rivestono carattere di priorità.
3. Tutti gli interventi in tal senso, come il sostegno di scarpate, il recupero di aree in frana, la regimazione idraulica di corsi d'acqua, la realizzazione di sentieri e carrerecce e il recupero del territorio collinare e fluviale, dovranno essere realizzati utilizzando preferibilmente tecniche di ingegneria naturalistica così come previsto dall'articolo 15 del D.P.R. del 21 dicembre 1999, n. 554: "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni".
4. Qualora ciò non sia ritenuto possibile od attuabile, il progettista dovrà in apposita relazione tecnica, illustrare le motivazioni che ne impediscono l'utilizzo a favore di tecniche tradizionali di ingegneria civile e descrivere in modo esaustivo gli interventi di compensazione ambientale e di mascheratura dei manufatti che si prevede di realizzare in tale caso.

Articolo 26 - Norme di tutela per le aree a conduzione agraria

1. In tutte le aree destinate a parco dal vigente P.R.G. ove sussistono conduzioni agrarie, gli interventi dovranno rispettare il presente Regolamento, preferibilmente attraverso la stipula di specifiche convenzioni tra l'Amministrazione Comunale ed i conduttori, singoli o associati, mirate a piani di gestione e manutenzione del territorio.
2. In particolare tali interventi dovranno:
 - a) salvaguardare le siepi e le macchie arbustive, per la loro funzione ecologica anche ai fini della vita dell'avifauna, e garantirne la rigenerazione in caso di taglio motivato.
 - b) Conservare la rete delle bealere e delle vie d'acqua minori, importanti sia come segni del paesaggio agrario, sia per lo smaltimento delle acque superficiali. A tale scopo, è fatto divieto di intubare o inscatolare i percorsi delle vie d'acqua se non in coincidenza con attraversamenti stradali e ferroviari, la cui progettazione dovrà comunque censirli e conservarli, per favorire la loro naturale funzione di drenaggio.
 - c) Favorire la ricostituzione di vegetazione autoctona lungo i percorsi delle vie d'acqua per migliorarne la funzionalità ecologica e l'habitat della fauna.
 - d) Salvaguardare, ove esistenti, le zone umide, i macereti, i canneti, evitandone il tombamento e l'impermeabilizzazione.
3. In tutte le aree a conduzione agraria è comunque vietato il deposito dei rifiuti (come indicato nell'articolo 80), anche temporaneo, con esclusione degli scarti derivanti dalle coltivazioni praticate in esse.

Articolo 27 - Verde spondale e fasce fluviali

1. Per quanto attiene il taglio degli alberi sulle sponde di fiumi e torrenti, giusto quanto disposto dal Testo Unico sulle opere idrauliche del 25 luglio 1904, n. 523, gli atti di sradicamento e bruciamento dei ceppi degli alberi che sostengano le rive per una sistemazione orizzontale non minore di 9 metri dalla linea a cui arrivano le acque ordinarie, sono vietati su alvei, sponde e difese di detti corsi d'acqua.
2. Per i rivi, canali e scolatori pubblici, la stessa proibizione è limitata ai piantamenti aderenti alle sponde.
3. Ai sensi del T.U. sono altresì vietate tutte le piantumazioni che si inoltrino all'interno degli alvei e si protendano sul piano e le scarpate degli argini.

4. Le realizzazioni di nuovi interventi in aree pubbliche e private in prossimità delle sponde fluviali dovranno attenersi, oltre che alle prescrizioni dell'AIPO (Agenzia Interregionale per il fiume Po), del Piano d'Assetto Idrogeologico per il Bacino del Po (P.A.I.) e di altri enti competenti in materia idraulica, alle prescrizioni del Piano d'Area del Parco Fluviale del Po Torinese (articolo 3.3, 3.4, 3.5 delle norme del PdA); in quest'ultimo caso dovranno essere corredati di V.C.A. (verifica della compatibilità ambientale).
5. In tutti gli ambiti destinati dal vigente P.R.G. a parco fluviale (articolo 21 delle N.U.E.A.⁹), qualora gli interventi ricadano in tratti di sponda non costruita e protetta da difese spondali già esistenti, i nuovi progetti devono essere realizzati con tecniche ispirate all'ingegneria naturalistica. Ove possibile i nuovi interventi devono consentire il mantenimento o la ricostituzione di fasce di vegetazione ripariale, utile anche ai fini della conservazione di ittiofauna e avifauna, e tutti i progetti di opere pubbliche da realizzarsi lungo le sponde fluviali dovranno prevedere interventi di mitigazione concordati con gli Uffici dei Settori competenti in materia di Verde Pubblico, in coerenza con i progetti di "Torino Città d'Acque".
6. E' vietata la coltivazione e la nuova piantumazione della fascia spondale, secondo le disposizioni vigenti (T.U. n. 523 del 1904), da parte dei privati.
7. E' altresì vietata la realizzazione di orti urbani lungo le sponde, in ossequio alle disposizioni vigenti in materia di sicurezza idraulica.
8. Nella fascia ripariale non è comunque ammessa l'introduzione di specie esotiche, fatte salve le preesistenze in giardini privati e in parchi pubblici.
9. Gli interventi sulle alberate pubbliche esistenti lungo le sponde fluviali (oggetto del Decreto Ministeriale di notifica¹⁰), qualora comportino abbattimenti per motivi di sicurezza o fitosanitari, devono prevederne la conservazione nel loro assetto unitario, ed il reimpianto degli esemplari abbattuti al fine di mantenere la continuità dei percorsi alberati.
10. La realizzazione di nuovi accessi alle sponde, e di nuovi percorsi ciclopedonali, andrà preventivamente autorizzata dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.) e dovrà essere realizzata con pavimentazioni quanto più possibile permeabili, al fine di garantire la vitalità e la rigenerazione della vegetazione ripariale, e non incrementare la velocità di corrivazione delle acque meteoriche.
11. Per l'arboricoltura da legno sulle sponde fluviali valgono le norme del T.U. del 25 luglio 1904, n. 523.
12. La manutenzione ordinaria e straordinaria delle fasce e sponde fluviali e gli interventi di realizzazione di nuovi parchi ed aree verdi lungo i fiumi devono essere improntati al rispetto della vegetazione e della fauna autoctone presenti, graduando intensità e tempistiche d'intervento in funzione delle loro caratteristiche ecologiche specifiche. Vanno in tal senso rispettate le indicazioni contenute nel Piano Fanunistico dei Fiumi Torinesi (Città di Torino - IPLA - anno 2000) oltre a quelle previste dal Piano d'Area del Parco Fluviale del Po Torinese.
13. La manutenzione del verde spondale dovrà inoltre essere gestita secondo quanto previsto dal capitolato speciale di manutenzione in vigore al momento dell'effettuazione dell'intervento.

⁹ Articolo 21 delle N.U.E.A.: "Parchi urbani e fluviali".

¹⁰ Decreto Ministeriale dell'11 gennaio 1950: "Dichiarazione di notevole interesse pubblico delle sponde del Po nel tratto che il fiume attraversa la Città di Torino".

TITOLO II: NORME PER LA DIFESA DELLE PIANTE IN AREE DI CANTIERE

Articolo 28 - Classi di grandezza e aree di pertinenza degli alberi

1. Gli alberi, in base alle dimensioni (altezza) che raggiungono alla maturità, si dividono in tre classi di grandezza:

Tabella A: Classi di grandezza degli alberi

CLASSE DI GRANDEZZA	ALTEZZA DELLE PIANTE A MATURITA'
a) 1. grandezza	> 16 metri
b) 2. grandezza	10-16 metri
c) 3. grandezza	< 10 metri

Nell'**allegato n. 7** è riportato un elenco con le specie più comuni di piante arboree con indicate le diverse classi di appartenenza.

L'**area di pertinenza degli alberi**, basata sullo sviluppo dell'apparato aereo e di quello radicale, è definita dalla circonferenza a terra avente come centro il fusto dell'albero secondo il seguente schema:

Tabella B: Aree di pertinenza degli alberi

CLASSE DI GRANDEZZA	RAGGIO IN METRI
Esemplari monumentali o di pregio	Proiezione a terra della chioma
1. grandezza (altezza > 16 metri)	4
2. grandezza (altezza 10-16 metri)	3
3. grandezza (altezza < 10 metri)	2

Articolo 29 - Prescrizioni generali per le aree di pertinenza e le banchine alberate

1. La competenza sulle banchine alberate comunque utilizzate (a verde, a parcheggio, a mercato) è attribuita al Settore Gestione Verde (o S.S.D.) che ne autorizza le forme di utilizzo (uso temporaneo o definitivo) secondo il principio della massima permeabilità del terreno e del massimo rispetto per gli esemplari arborei presenti.
2. Ai fini della tutela delle alberate pubbliche, ogni intervento non realizzato direttamente dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.) che ha in carico la gestione del patrimonio arboreo cittadino, deve essere da quest'ultimo preventivamente autorizzato.
3. Entro l'area di pertinenza degli alberi viene di norma vietata ogni attività che arrechi danno al loro sviluppo e alla loro vitalità secondo quanto evidenziato nei paragrafi successivi (A e B).
4. Per ogni attività non conforme a quanto evidenziato dal presente Regolamento sarà comminata la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.

A) SITUAZIONI ESISTENTI

1. Nell'area corrispondente alla ZPA (zona di pertinenza dell'albero) sono vietati tutti gli interventi che possono causare deperimento o morte della pianta o che possono in qualche modo metterne a rischio il normale sviluppo quali:
 - l'impermeabilizzazione del suolo all'aria e all'acqua, anche per costipamento, di una superficie superiore al 50% della ZPA con salvaguardia comunque di quanto prescritto nella tabella C;

- l'esecuzione di riporti che non siano di terreno agrario, ad eccezion fatta del sottofondo di pavimentazioni leggere dello spessore non superiore a cm 30, di scavi e buche che comportino lesioni alle radici principali di sostegno, valutando caso per caso gli interventi necessari per la posa di nuove infrastrutture e/o la manutenzione di quelle esistenti;
 - lo spargimento entro la ZPA di qualsiasi sostanza nociva per la salute degli alberi e in particolare sali, acidi, oli, sostanze bituminose, tempere e vernici, sostanze chimiche nocive, acque di scarico, pietre e materiali ferrosi;
 - l'uso improprio di prodotti diserbanti, lo spargimento di sale sulle superfici ghiacciate, con esclusione di quelle destinate al pubblico transito.
2. Le aree di pertinenza degli alberi possono essere interessate dalla posa in opera di pavimentazioni superficiali permeabili, previa autorizzazione degli Uffici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) corredata di specifiche e dettagliate prescrizioni per l'esecuzione dei lavori, a condizione che sia mantenuta un'area di terreno nudo, circostante il fusto, della seguente ampiezza:

Tabella C

CLASSE DI GRANDEZZA	AMPIEZZA DELL'AREA DI TERRENO NUDO
Esemplari monumentali o di pregio	12 mq
1. grandezza (altezza > 16 metri)	8 mq
2. grandezza (altezza 10-16 metri)	4 mq
3. grandezza (altezza < 10 metri)	2 mq

3. Per la realizzazione di progetti da eseguirsi su banchine esistenti, qualora non sia possibile rispettare le prescrizioni sopra riportate, esclusivamente per casi legati alla necessità di applicazione di norme sovraordinate, ad esigenze di pubblica incolumità degli utenti o ad oggettiva e certificata impossibilità fisica, i progetti, dovranno comunque essere elaborati nell'ottica del massimo rispetto per i soggetti arborei esistenti e di massima permeabilità del terreno, descrivendo dettagliatamente le motivazioni che non rendono possibile il rispetto delle prescrizioni sopra descritte, prevedendo obbligatoriamente un miglioramento della situazione esistente, secondo le prescrizioni vincolanti impartite dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.) che dovrà preventivamente autorizzare il progetto e la sua realizzazione. Tali progetti dovranno essere approvati a livello del preliminare dal Consiglio Comunale.

B) NUOVI PROGETTI

1. Per i nuovi progetti o per gli interventi di riprogettazione complessiva della banchina alberata, nell'area corrispondente alla ZPA (zona di pertinenza dell'albero) sono vietati tutti gli interventi che possono causare deperimento o morte della pianta o che possono in qualche modo metterne a rischio il normale sviluppo come:
- l'impermeabilizzazione del suolo all'aria e all'acqua, anche per costipamento, di una superficie superiore al 50% della ZPA con salvaguardia comunque di quanto prescritto nella tabella D;
 - l'esecuzione di riporti che non siano di terreno agrario, di scavi e buche che comportino lesioni alle radici principali di sostegno, valutando caso per caso gli interventi necessari per la posa di nuove infrastrutture e/o la manutenzione di quelle esistenti;
 - lo spargimento entro la ZPA di qualsiasi sostanza nociva per la salute degli alberi e in particolare sali, acidi, oli, sostanze bituminose, tempere e vernici, sostanze chimiche nocive, acque di

- scarico, pietre e materiali ferrosi;
- l'uso improprio di prodotti diserbanti, lo spargimento di sale sulle superfici ghiacciate, con esclusione di quelle destinate al pubblico transito.
2. Le aree di pertinenza degli alberi possono essere interessate dalla posa in opera di pavimentazioni superficiali permeabili, previa autorizzazione degli Uffici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) corredata di specifiche e dettagliate prescrizioni per l'esecuzione dei lavori, a condizione che sia mantenuta un'area di terreno nudo, circostante il fusto, della seguente ampiezza:

Tabella D

CLASSE DI GRANDEZZA	AMPIEZZA DELL'AREA DI TERRENO NUDO
Esemplari monumentali o di pregio	20 mq
1. grandezza (altezza > 16 metri)	10 mq
2. grandezza (altezza 10-16 metri)	6 mq
3. grandezza (altezza < 10 metri)	3 mq

Articolo 30 - Interferenza dei lavori di scavo in presenza di alberi e su aree verdi

1. I lavori di scavo e le manomissioni su aree verdi e alberate della Città sono soggetti ad esame e successivo parere tecnico vincolante da parte del Settore Gestione Verde (o S.S.D.).
2. I progetti e i relativi capitolati d'appalto devono contenere dettagliate specifiche e quantificazioni economiche dei provvedimenti adottati per la salvaguardia e il mantenimento del patrimonio arboreo presente.
3. I progetti di manomissione e/o occupazione dell'area verde o della banchina alberata dovranno essere accompagnati dai seguenti elaborati:
 - una planimetria quotata che individui le presenze vegetali su una porzione di terreno di almeno 20 metri oltre il limite dell'intervento;
 - il genere e la specie botanica dei soggetti arborei (alberi ed arbusti) ed il diametro del tronco a mt. 1,30 da terra ;
 - il numero complessivo dei soggetti arborei interessati dalla futura manomissione del suolo, considerando che l'area di pertinenza deve intendersi come proiezione della chioma sul terreno del soggetto arboreo adulto;
 - una relazione che specifichi i lavori da eseguire, l'ingombro del cantiere, la sua durata, le misure di salvaguardia adottate per preservare la vegetazione ed i manufatti eventualmente presenti in conformità all'articolo 31 (Obblighi e divieti nelle aree di cantiere) del presente Regolamento;
 - una dichiarazione del richiedente relativa alla conoscenza di quanto previsto dalla normativa vigente in materia e contenente l'impegno ad eseguire i ripristini (vedi **allegato n. 8**) a propria cura e spese, nonché gli eventuali interventi agronomici specializzati (sia preparatori che successivi all'intervento stesso eventualmente richiesti dal Settore Gestione Verde - o S.S.D.) e ad indennizzare l'Amministrazione Comunale nel caso venissero provocati danni agli alberi di sua proprietà;
 - una dettagliata documentazione fotografica;
 - ove necessario, dovrà essere presentata al Settore competente, la richiesta di autorizzazione in deroga ai limiti vigenti in campo di inquinamento acustico.
4. Prima dell'inizio dei lavori il richiedente deve aver dato avviso scritto agli Uffici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) e deve essere in possesso di bolla tecnica autorizzativa (come previsto

dall'articolo 3 dell'allegato n. 8 al presente Regolamento: Manomissioni e ripristini delle aree verdi e alberate della Città) corredata di specifiche e dettagliate prescrizioni per l'esecuzione dei lavori.

5. L'esecutore dei lavori ha l'obbligo di informare tutti i lavoratori (sia delle imprese appaltatrici che subappaltatrici) presenti in cantiere delle prescrizioni tecniche disposte, deve dare copia delle prescrizioni rilasciate dagli Uffici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) al capo cantiere e lasciare copia del documento in cantiere a disposizione dei lavoratori e degli addetti ai controlli e, qualora richiesto dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.), deve altresì affiggere in cantiere un cartello che renda edotta la cittadinanza dei lavori autorizzati.

6. Qualora uno scavo e successivo riempimento possano aver prodotto lesioni all'apparato radicale di un soggetto arboreo, i tecnici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) possono richiedere di riaprire lo stesso per le necessarie verifiche tecniche del caso.

7. Eventuali interventi di cura e manutenzione quali potature, interventi fitosanitari e nutrizionali, misurazioni strumentali di tipo invasivo dovranno essere richiesti esclusivamente al Settore Gestione Verde (o S.S.D.).

Articolo 31 - Obblighi e divieti nelle aree di cantiere

1. Nelle aree di cantiere è fatto obbligo di adottare tutti gli accorgimenti necessari ad evitare qualsiasi danneggiamento ovvero qualsiasi attività che possa compromettere in modo diretto o indiretto la salute, lo sviluppo e la stabilità delle piante.

2. Sono vietati nelle aree sottostanti e circostanti identificate come la ZPA o sulle piante stesse:

- a) il versamento o spargimento di qualsiasi sostanza nociva e/o fitotossica, quali ad esempio sali, acidi, olii, carburanti, vernici, ecc., nonché il deposito di fusti o bidoni di prodotti chimici;
- b) la combustione di sostanze di qualsiasi natura;
- c) l'impermeabilizzazione del terreno con materiali di qualsiasi natura;
- d) i lavori di scavo con mezzi meccanici nelle aree di pertinenza (vedi articoli 28 e 29) degli alberi al fine di tutelare l'integrità degli apparati radicali; in tali zone sono permessi gli scavi a mano o con aspiratore a risucchio, a condizione di non danneggiare le radici, il colletto ed il fusto delle piante. In tale situazione le radici andranno poste in evidenza per evitarne il danneggiamento e qualora sia necessaria la loro rimozione questa dovrà essere effettuata con cesoie e motoseghe con taglio netto, su cui apporre idoneo disinfettante e cicatrizzante;
- e) causare ferite, abrasioni, lacerazioni, lesioni e rotture di qualsiasi parte della pianta;
- f) l'affissione diretta con chiodi, cavi, filo di ferro o materiale inestensibile di cartelli, manifesti e simili;
- g) il riporto ovvero l'asporto di terreno o di qualsiasi altro materiale nella zona basale a ridosso del colletto e degli apparati radicali, l'interramento di inerti o di materiali di altra natura, qualsiasi variazione del piano di campagna originario;
- h) il deposito di materiale di costruzione e lavorazione di qualsiasi genere nella zona basale a ridosso del colletto e degli apparati radicali.

Ai trasgressori sarà comminata la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.

In **allegato n. 9** sono riportati gli schemi per la tutela degli alberi nelle aree di cantiere.

Articolo 32 - Interventi nel sottosuolo in prossimità delle alberature pubbliche

1. La distanza minima dalla luce netta di qualsiasi scavo al filo del tronco non può essere inferiore:

- a) a 5 metri per gli esemplari monumentali o di pregio con diametro maggiore di 80 cm e per i

- soggetti di *Platanus* con diametro maggiore di 40 cm;
- b) a 3 metri per le piante di prima e seconda grandezza non incluse nel punto precedente;
 - c) a 1,5 metri per gli alberi di terza grandezza e per gli arbusti.
2. Ai trasgressori sarà comminata la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.
 3. Il Settore Gestione Verde (o S.S.D.) potrà aumentare le distanze riportate ai punti precedenti in caso di alberi o alberate di particolare pregio storico-monumentale o botanico-paesaggistico.
 4. Eventuali deroghe alle distanze minime indicate potranno essere concesse dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.) per le canalizzazioni e i cavidotti già esistenti nei seguenti casi:
 - 1) per scavi necessari alla manutenzione ordinaria e straordinaria e al ripristino della funzionalità di impianti tecnologici per la gestione della viabilità e attrezzature per la mobilità che negli anni passati sono stati posizionati all'interno delle zone di protezione degli alberi (ZPA);
 - 2) per scavi necessari alla costruzione di un nuovo impianto tecnologico o di manutenzione straordinaria su un impianto esistente, ove la dimensione delle banchine e la posizione delle alberate o siepi non consentano il rispetto delle ZPA;
 - 3) per adeguamenti o interventi imposti da normative vigenti o di nuova introduzione o per cause di pubblica incolumità.
 5. Le deroghe saranno concesse soltanto a condizione che gli scavi vengano effettuati a mano previa messa in evidenza dell'apparato radicale interessato con soffiatori ad alta pressione od aspiratori allo scopo di consentirne la corretta individuazione, la salvaguardia o la potatura e disinfezione.
 6. Gli scavi per la posa in opera di impiantistica tecnologica interrata (tubazioni, gas, linee elettriche e/o telefoniche, fognature, ecc.) devono osservare distanze e precauzioni tali da non danneggiare gli apparati radicali. Le radici più grosse dovranno essere sottopassate con le tubazioni mediante lavorazioni a mano ed utilizzo di spingitubo senza provocare ferite e dovranno essere protette contro il disseccamento con juta regolarmente inumidita.
 7. Gli scavi nella zona degli alberi non dovranno restare aperti per più di una settimana.
 8. Se dovessero verificarsi interruzioni dei lavori, gli scavi dovranno essere riempiti provvisoriamente o comunque mantenuti umidi. In alternativa, le radici saranno protette con un'apposita stuoia ed in ogni caso le stesse dovranno essere mantenute umide.
 9. Nel caso di pericolo di gelo le pareti dello scavo nella zona delle radici dovranno essere coperte provvisoriamente con materiale isolante. I lavori di livellamento nell'area radicale sono da eseguirsi a mano.
 10. Analogamente tutte le distanze e le disposizioni previste al presente articolo devono essere osservate nel caso di semina di tappeti erbosi o messa a dimora di alberi in prossimità di tubature o condotte sotterranee già esistenti e rilevabili dagli uffici competenti.

Articolo 33 - Protezione degli alberi

1. Gli alberi presenti nei cantieri devono essere obbligatoriamente protetti a cura e spese del conduttore del cantiere stesso. La protezione deve essere realizzata con una solida recinzione che consenta di evitare danni al fusto, alla chioma ed all'apparato radicale (vedi **allegato n. 9** dove sono riportati gli schemi per la tutela degli alberi nelle aree di cantiere).
2. Ai trasgressori sarà comminata la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.
3. Nel caso risulti impossibile recintare il cantiere, per i singoli alberi la protezione dovrà interessare il fusto fin dal colletto attraverso l'impiego di tavole in legno o in altro idoneo materiale dello spessore minimo di 2 cm, poste intorno al tronco a formare una gabbia sull'intera circonferenza previa

interposizione di una fascia protettiva di materiali cuscinetto (pneumatici o altro materiale).

4. In caso di necessità deve essere protetta anche la chioma dell'albero, in particolare qualora nel cantiere si utilizzino macchine con bracci mobili in elevazione.
5. I sistemi di protezione dovranno essere rimossi al termine dei lavori.

Articolo 34 - Deposito di materiali su aree pubbliche

1. E' vietato utilizzare aree a bosco, a parco, a giardino, ad aiuola, nonché le aree di pertinenza degli alberi per depositi anche temporanei di materiale.
2. Ai trasgressori sarà comminata la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.
3. In caso di imprescindibilità legata a fattori logistici o altro, occorre che la Ditta titolare del cantiere o altro soggetto avente titolo richieda specifica autorizzazione per occupazione suolo pubblico agli Uffici competenti in materia che indicheranno per iscritto le modalità di deposito dei materiali nell'ambito del cantiere stesso previo parere vincolante del Settore Gestione Verde (o S.S.D.).
4. Nelle aree di pertinenza degli alberi è vietato effettuare ricarichi superficiali di terreno o di qualsivoglia materiale putrescibile o impermeabilizzante. Può essere tollerato solo un parziale interrimento massimo di 15 cm con materiale altamente drenante. Sono vietati inoltre l'asporto di terriccio e gli spargimenti di acque di lavaggio di betoniere.

Articolo 35 - Transito di mezzi

1. In corrispondenza dell'apparato radicale delle piante è vietato il transito di mezzi, fatta eccezione per i casi in cui vi sia una superficie pavimentata in prossimità dell'apparato radicale stesso.
2. Il costipamento e la vibratura¹¹ sono vietati nelle aree di pertinenza degli alberi (vedi articolo 28).
3. Qualora non si possa evitare di transitare all'interno dell'area di pertinenza, su prescrizione e autorizzazione scritta del Settore Gestione Verde (o S.S.D.), la superficie di terreno interessata deve essere ricoperta con uno strato di materiale drenante dello spessore minimo di 20 cm, sul quale devono essere poste tavole di legno, metalliche o plastiche.
4. Al termine dei lavori nell'area dovranno essere ripristinate le condizioni originarie con lavorazioni manuali nelle aree di pertinenza o secondo le prescrizioni inizialmente date.
5. Ai trasgressori delle suddette prescrizioni tecniche sarà comminata la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.

Articolo 36 - Modificazione della falda

1. In caso sia necessaria l'installazione di pompe aspiranti l'acqua di falda, dovrà essere preventivamente valutata con gli Uffici competenti ogni possibile conseguenza sulle alberature, e dovranno essere adottati gli interventi idonei alla conservazione delle piante, ivi compresa l'irrigazione delle superfici al fine di garantire la costanza del bilancio idrico del terreno.

TITOLO III: ABBATTIMENTI

Articolo 37 - Compensazione ambientale

1. Nel caso di abbattimenti di cui all'articolo 38 (abbattimento di alberature pubbliche) o qualora il

Settore Gestione Verde (o S.S.D.) ritenga che tali opere non consentano il mantenimento o l'espianto di alberate esistenti, per tutti gli esemplari da abbattere dovrà essere calcolato il valore ornamentale oppure il danno ornamentale e biologico in caso di soluzioni che consentano il mantenimento in sito dei soggetti ma si renda necessaria la loro riduzione dimensionale e messa in sicurezza o il trapianto in altro sito.

2. Il calcolo del valore ornamentale e/o del danno biologico devono essere effettuati da un tecnico e/o funzionario competente del Settore Gestione Verde (o S.S.D.).

3. Tale valore dovrà essere assunto come valore base compensativo dell'intervento di ripristino da porre in essere nell'area opportuna più prossima possibile al sito su cui insiste l'intervento.

4. La compensazione ambientale deve essere realizzata in piena terra. Le somme necessarie agli interventi di compensazione dovranno essere inserite in quelle a disposizione dell'opera da realizzare previste nel quadro economico.

5. Il concetto di compensazione ambientale non si applica in caso di moria dovuta a diffusione di patologie o fisiopatie: in tal caso il proprietario pubblico o privato deve provvedere a ripiantare alberi di altra specie consoni al contesto paesaggistico e naturalistico del sito, privilegiando le specie autoctone.

Articolo 38 - Abbattimento di alberature pubbliche

1. Posto che ogni opera pubblica di impatto rilevante deve essere sottoposta alla procedura di V.I.A. (Verifica di Impatto Ambientale) o di V.C.A. (Valutazione di Compatibilità Ambientale all'interno di aree protette) ai sensi della L.R. 40/1998¹², il Settore Gestione Verde (o S.S.D.) è tenuto a partecipare in prima persona al procedimento indicando in tale sede il valore ambientale e ornamentale del patrimonio arboreo interessato e le misure di compensazione ambientale previste dalle leggi vigenti.

2. L'abbattimento di alberature pubbliche presenti sul territorio comunale, quando non realizzato direttamente dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.), è consentito esclusivamente nei casi comprovati di stretta necessità e comunque con parere vincolante favorevole degli Uffici di quest'ultimo.

3. Ai trasgressori, per ciascun albero abbattuto, sarà comminata la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.

4. L'autorizzazione dovrà contenere contestualmente le prescrizioni vincolanti di reimpianto a compensazione ambientale delle perdite subite, quali, ad esempio: accertato pericolo per le persone, per le cose e per la viabilità, esigenze fitopatologiche, alberature in stato vegetativo irrimediabilmente compromesso, alberature che causano danni a strutture edili e sottoservizi, diradamenti strettamente indispensabili alla sopravvivenza di gruppi arborei troppo fitti, non realizzabili con la tecnica dei grandi trapianti.

5. L'intervento dovrà essere effettuato tenendo conto dei vincoli urbani esistenti in zona ed utilizzando tutte le attrezzature necessarie atte ad evitare pericoli per l'incolumità pubblica e danni ai manufatti.

6. Gli alberi abbattuti devono essere sostituiti in loco, salvo i casi in cui gli impianti in sostituzione siano impossibili o inattuabili per l'elevata densità arborea, per carenza di spazio, per malattie o per mancanza di condizioni idonee.

¹¹ Compressione forte, con effetto battente-vibrante, praticata con rulli compressori vibranti o piccole macchine a compressione per asfaltare in zone di marciapiede.

¹² Legge Regionale del 14 dicembre 1998, n. 40: "Disposizioni concernenti la compatibilità ambientale e le procedure di valutazione".

Articolo 39 - Abbattimenti in ambito privato in aree sottoposte a vincoli

1. Gli abbattimenti di alberi in aree sottoposte a vincoli in materia ambientale (zona collinare, sponde fluviali, zona urbana centrale storica, immobili sottoposti a vincolo di tutela ai sensi del D.P.R. 616/1977, della Legge n. 431 dell'8 agosto 1985 "Legge Galasso", del Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio" - Decreto Urbani), sono sottoposti a preventiva autorizzazione.
2. La richiesta di abbattimento, corredata da idonea documentazione a cura di un tecnico abilitato, va presentata agli Uffici competenti della Regione Piemonte in materia di Tutela dei Beni Ambientali.
3. Nel caso di pericolo per la pubblica incolumità - accertata dagli Uffici Competenti Comunali - il Sindaco può emettere specifica ordinanza di abbattimento, previa presentazione da parte del richiedente di una relazione dettagliata a firma di un professionista abilitato (Dottore agronomo o forestale) che attesti lo stato di salute precario della pianta e la situazione di rischio potenziale imminente per la pubblica incolumità.
4. Il Comune si riserva la facoltà di effettuare controperizie qualora lo ritenga opportuno.
5. Per quanto concerne la sostituzione degli alberi abbattuti si rimanda all'articolo 20 ed all'articolo 38 per le sostituzioni da effettuarsi in sedi diverse.

6. In questi casi il Settore Gestione Verde (o S.S.D.) redigerà le prescrizioni necessarie con l'individuazione del luogo adatto per i piantamenti di compensazione da effettuarsi a cura e spese del privato proprietario anche su aree di proprietà della Città.
7. La compensazione avverrà mediante calcolo del valore ornamentale dei soggetti abbattuti ed applicazione di pari valore a quello della somma dei soggetti reimpiantati.
8. In presenza di opere edili private l'abbattimento è in ogni caso consentito esclusivamente quando non sia possibile nessun'altra soluzione di progetto.
9. Fanno eccezione:
 - gli alberi morti;
 - gli alberi il cui abbattimento sia prescritto da sentenze giudiziarie per evidenti ragioni di pubblica incolumità, o per espresso disposto di lotta obbligatoria contro patogeni.
10. Non sono soggetti ad autorizzazione gli abbattimenti di coltivazioni produttive, quando queste abbiano raggiunto la fine turno.
11. In tutti i casi suddetti si deve comunque segnalare a priori l'intervento agli Uffici Comunali competenti.
12. Per ogni albero abbattuto in assenza della prescritta autorizzazione sarà comminata, al conduttore del fondo, la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.

Articolo 40 - Abbattimenti in ambito privato in aree non sottoposte a vincoli

1. I privati possono effettuare abbattimenti su aree di loro proprietà, senza specifiche autorizzazioni (salvo diverse indicazioni stabilite da normative sovraordinate esistenti) soltanto per esemplari al di sotto delle dimensioni di seguito riportate e non classificati come alberi monumentali o di pregio:

Tabella E

CLASSE DI GRANDEZZA	SOGLIA DI SALVAGUARDIA DELLE ALBERATURE PRIVATE - MISURA DEL DIAMETRO DEL FUSTO A 1,30 M DA TERRA
----------------------------	--

1. grandezza (altezza > 16 metri)	cm. 40
2. grandezza (altezza 10-16 metri)	cm. 35
3. grandezza (altezza < 10 metri)	cm. 30

2. Ai trasgressori sarà comminata la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.
3. Per la zona centrale storica (ZCS) e le zone urbane storico ambientali (ZUST) i progetti di sistemazione complessiva (abbattimenti, rifacimenti giardini) dovranno essere sottoposti all'esame degli Uffici competenti in materia di Verde Pubblico nonché degli altri Enti di competenza.

TITOLO IV: LE POTATURE

Articolo 41 - Obiettivi generali

1. Un albero messo a dimora e coltivato in modo corretto e che non presenti difetti od alterazioni di varia natura non necessita, di norma, di potatura.
2. La potatura deve essere limitata alla sola rimozione delle porzioni di chioma secche, o di quelle lesionate o alterate da attacchi parassitari e da danni meccanici o meteorici, che possono pregiudicare la salute della pianta e/o la sua stabilità ovvero a quelle strettamente necessarie; essendo l'obiettivo fondamentale della potatura quello di mantenere piante sane, piacevoli alla vista e soprattutto con il massimo sviluppo della chioma compatibile con l'ambiente circostante in modo da fruire appieno degli effetti ambientali benefici della stessa.
3. Tuttavia, nelle aree urbane la potatura risulta necessaria ed assume carattere ordinario o straordinario per rimuovere quelle porzioni di chioma che rappresentano un ostacolo per la circolazione stradale, che sono eccessivamente ravvicinate a edifici e infrastrutture o che interferiscono con gli impianti elettrici e semaforici già esistenti e con la cartellonistica stradale, così come previsto dalle vigenti normative relative alla circolazione stradale, nonché con tutte le reti tecnologiche presenti in prossimità degli alberi, oltre che per riequilibrare e porre in sicurezza esemplari che hanno subito danneggiamenti all'apparato radicale e che presentano danni alla struttura epigea determinati da agenti patogeni.
4. La cartellonistica pubblicitaria e stradale non potrà comunque essere posizionata in modo tale da comportare danni alle alberature esistenti sia nella loro parte ipogea che epigea e alle aree verdi in genere, tale da richiedere apposite potature.
5. Esistono diverse tecniche di potatura che vengono eseguite in funzione delle condizioni stagionali e delle esigenze dei soggetti arborei:
 - potatura di formazione: l'obiettivo è di aiutare l'albero giovane a diventare un soggetto solido, sano e di aspetto armonico;
 - spalcatura: consiste nell'eliminazione delle branche inferiori ed è legata alla necessità di avere una maggiore quantità di luce a terra o di facilitare il transito di pedoni o veicoli. Per evitare squilibri la chioma residua non dovrà essere inferiore ai 2/3 dell'altezza totale dell'albero;
 - potatura di mantenimento: consiste nell'eliminazione dei rami e delle branche morte, malate o deperienti, nonché di quelle in competizione tra loro, in soprannumero o inserite debolmente allo scopo di mantenere la pianta nelle migliori condizioni possibili;
 - potatura di diradamento: ha per obiettivi un maggior passaggio di luce attraverso la pianta, la riduzione della resistenza al vento e l'alleggerimento di branche eccessivamente appesantite;
 - potatura di contenimento: consiste nella contemporanea riduzione del volume della chioma

- operando dall'esterno verso l'interno attraverso tagli di ritorno sui rami più esterni, avendo cura di mantenere la chioma dell'albero nella forma la più naturale possibile;
- potatura di ringiovanimento: consiste nella ricostruzione di una nuova chioma su una struttura di rami solidi e sani con l'eliminazione delle parti morte. Su alberi molto vecchi le operazioni devono essere distribuite nel tempo, intervenendo ad intervalli di qualche anno, così da consentire all'albero di attivare meglio i suoi sistemi di difesa rispetto ai tagli eseguiti.
6. Per descrizioni più dettagliate vedasi il "Manuale per tecnici del verde urbano" realizzato dal Settore Verde Pubblico della Città di Torino e sue eventuali successive integrazioni.

Articolo 42 - Vegetazione sporgente su viabilità pubblica

1. Poiché l'utente della strada deve essere messo nelle condizioni di poter transitare in piena sicurezza, di godere di ottima visibilità, e di non trovare ostacoli lungo il percorso, il proprietario o il fittavolo di terreno confinante con le strade comunali o vicinali ad uso pubblico ha il dovere di mettere in atto tutti gli interventi necessari affinché la vegetazione non superi i limiti consentiti nel rispetto delle norme previste dal Codice Civile, dal Codice della Strada e dal Regolamento di Polizia Urbana e da eventuali altre norme esistenti.
2. In particolare, i proprietari e/o i conduttori degli immobili e dei terreni posti lungo le strade comunali e vicinali di uso pubblico dell'intero territorio comunale sono tenuti al taglio o alla potatura degli alberi, degli arbusti e delle siepi che protendono le proprie fronde sulla sede stradale o sui marciapiedi, che nascondono la segnaletica o che comunque ne compromettano la leggibilità, che compromettano la vista di eventuali specchi riflettenti e la visibilità della carreggiata, nonché a rispettare le distanze previste dal Codice Civile per la loro messa a dimora.
3. La vegetazione può oltrepassare il limite della proprietà ed estendersi sul sedime stradale solo quando l'oggetto dei rami sia a quota superiore a m 4,00 rispetto al medesimo.
4. Nel caso in cui gli alberi piantati in terreni laterali o ramaglie di qualsiasi genere cadano sul piano viabile per effetto di intemperie o per qualsiasi altra causa, i proprietari o i fittavoli sono tenuti a rimuoverli nel più breve tempo possibile.
5. I lavori di taglio o potatura delle piante e delle siepi dovranno essere eseguiti con la massima tempestività ogniqualvolta si verifichi un'invasione nella proprietà pubblica.
6. Ai trasgressori sarà comminata la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.
7. Nell'eventualità in cui gli interessati non ottemperino a quanto previsto neppure dopo l'emanazione di ordinanza sindacale, in caso di pericolo per la pubblica incolumità gli interventi potranno essere eseguiti dall'Amministrazione Comunale, senza ulteriore comunicazione, con successivo addebito delle spese ai proprietari e/o ai conduttori degli immobili e dei terreni medesimi.
8. Gli alberi e gli arbusti siti su proprietà privata che, con i loro apparati radicali, rechino danni o creino potenziali situazioni di pericolo per il transito veicolare e/o pedonale, devono essere rimossi a cura e spese dei proprietari che dovranno anche risarcire la Città delle spese per la riparazione delle pavimentazioni danneggiate. La responsabilità per eventuali danni a persone o cose dovuti al corrugamento delle pavimentazioni causate da radici sono ad esclusivo carico dei proprietari dei relativi alberi.
9. L'Amministrazione Comunale, può imporre, con ordinanza, il taglio di alberi ed arbusti che costituiscono potenziali situazioni di pericolo per l'integrità e l'efficienza delle reti impiantistiche o che costituiscono oggettivo ostacolo per la loro realizzazione.
10. Prima di procedere all'abbattimento di alberi di cui ai precedenti due paragrafi, deve essere

verificata la possibilità di conservarli eliminando gli inconvenienti determinati. In ogni caso, l'Amministrazione Comunale si riserva di prescrivere il ripiantamento compensativo, tranne in caso di eccessiva densità di impianto.

TITOLO V: MANTENIMENTO E RINNOVO DELLE ALBERATE

Premessa

1. Per quanto riguarda le alberate è necessario riferirsi all'articolo 23 delle N.U.E.A. (Norme Urbanistico Edilizie di Attuazione del P.R.G.) - Aree per la viabilità: " *Le tavole di piano in scala 1:15000 (tav. 4 "Viabilità"), 1:10000 (tav. 5 "Viabilità collinare") e 1:5000 (tav. 1 "Azzonamento") riportano le aree destinate alla viabilità sia esistente che in progetto.*

Nella tav. 4 "Viabilità" vengono individuati:

- a) *i viali urbani di progetto;*
- b) *i viali storici;*
- c) *i viali e corsi storici da riqualificare;*
- d) *i viali pedonali;*
- e) *le strade di scorrimento di progetto;*
- f) *i percorsi ciclo pedonali;*
- g) *i percorsi pedonali collinari;*
- h) *i percorsi storici collinari;*
- i) *i ponti di progetto;*

.....*omissis*.....

I viali storici di cui al precedente punto b) sono tutelati nel loro carattere di viale alberato che non deve essere sostanzialmente alterato in caso di intervento o di ristrutturazione.

I viali e i corsi storici da riqualificare di cui al precedente punto c) devono essere riqualificati attraverso un disegno ispirato all'impianto storico del viale, compatibilmente con le funzioni di servizio previste dal Piano e necessarie per il contesto".

2. Il Piano contiene anche un riferimento alla riqualificazione dei viali e dei corsi storici (articolo 25 comma 11 N.U.E.A. - Ambiti di riqualificazione dello spazio pubblico): "Ambito viali e corsi storici da riqualificare (individuati nella tav. 4 in scala 1:15000 con apposita simbologia).

Il Piano propone la ricostituzione dei viali storici alberati sui seguenti tratti:

- *viale del Regio Parco dal ponte a Regio Parco;*
- *viale della Regina da piazza Gran Madre alla Villa della Regina;*
- *corso Francia dal confine comunale a piazza Statuto;*
- *l'ex cinta daziaria pedecollinare.*

La ricostituzione deve essere inquadrata in specifici progetti di riqualificazione del suolo pubblico".

Articolo 43 - L'albero come entità biologica

1. La componente vegetale fa parte a pieno titolo dell'ambiente urbano e gli alberi ne costituiscono la rappresentazione più significativa ed importante sia da un punto di vista ambientale che paesaggistico, storico, culturale ed architettonico.

2. L'albero è un'entità biologica che conduce la propria esistenza ancorato allo stesso luogo per tutta la sua vita. Ciò comporta un'esposizione continua alle varie forme di inquinamento che si riscontrano in città. Inoltre, i vari lavori che vanno ad interferire in particolare con l'apparato radicale, compromettono

nel tempo la sua stabilità meccanica e facilitano l'insorgenza di patologie a causa della facile penetrazione, attraverso le ferite inferte ai tessuti vegetali, di parassiti fungini, agenti di marciumi radicali e carie del legno, grave forma di degrado del legno interno della pianta che perde progressivamente consistenza con conseguente diminuzione della capacità di ancoraggio al suolo.

3. A ciò si aggiunge la debilitazione della parte epigea, a causa di attacchi parassitari dovuti a funghi o insetti che, aggredendo le foglie, diminuiscono le capacità fotosintetiche della pianta e di conseguenza la produzione e la riserva di sostanze nutritive. Quando gli attacchi parassitari colonizzano la parte legnosa e fibrosa compromettono la stabilità e la vitalità dei soggetti arborei nel tempo.

4. Da ultimi si aggiungono i danni prodotti dalla impermeabilizzazione della zona sottostante l'albero che causa riduzione degli scambi idrici e gassosi oltre a riflettere il calore solare nei periodi estivi, inducendo scottature fogliari e filloptosi precoce.

5. Queste limitazioni non consentono all'albero radicato in ambiente urbano di protrarre la propria esistenza per un tempo pari a quello di cui esso potrebbe fruire in un'area naturalistica come un parco extraurbano o un bosco, oppure in piena campagna.

6. E' necessario di conseguenza tener conto di questi aspetti nella politica di gestione delle alberate ed operare in primo luogo con l'obiettivo di minimizzare i danni ai soggetti arborei e, secondariamente, con quello di programmarne un corretto rinnovo allo scopo di mantenere inalterate nel tempo e, viceversa, migliorare le peculiarità e capacità bioecologiche dei popolamenti arborei in ambiente urbano.

Articolo 44 - La programmazione degli interventi sulle alberate

1. Il mantenimento delle alberate urbane comporta una serie di attenzioni, di scelte e di azioni volte a garantire le migliori condizioni di vivibilità dell'albero in città.

2. Le alberate storiche hanno un'età di impianto che supera, in alcuni casi, il secolo di vita e sono ubicate su banchine che nel corso dei decenni hanno visto ridurre la superficie a vantaggio della viabilità e hanno ospitato una serie di sottoservizi e di aree impermeabilizzate che in passato non esistevano. Si è ridotto di conseguenza lo spazio vitale a disposizione del singolo soggetto arboreo.

3. Gli alberi dei viali necessitano di periodiche potature per equilibrare il peso della parte epigea alla capacità di ancoraggio e tenuta della stabilità verticale nel caso di mutilazione dell'apparato radicale e per contenere le chiome entro limiti spaziali che consentano di non interferire con le altre strutture che si trovano nell'intorno (linee tranviarie, fabbricati, linee elettriche ed illuminazione) e per ridurre la gravità di possibili danni in caso di rottura di branche e rami o di schianto di soggetti interi.

4. La Città si pone l'obiettivo di riuscire a potare le alberate urbane con turni ottimali in funzione della specie, dell'età e delle condizioni fitosanitarie onde evitare resezione di grossi rami e favorire una migliore cicatrizzazione delle superfici di taglio, limitando l'ingresso di parassiti fungini responsabili della carie del legno.

5. Le potature drastiche effettuate in passato, quando non erano disponibili i mezzi odierni e le conoscenze tecnico scientifiche attuali, hanno accelerato nel tempo la diffusione dei processi di degrado del legno interno, con rischi di perdita di stabilità in numerosi soggetti.

6. Questi fenomeni sono stati studiati con molta attenzione nell'ultimo decennio, con la crescita della sensibilità nei confronti del bene ambiente, per cui oggi si interviene con una serie di attenzioni e di precauzioni che ne consentono una più accurata gestione.

Articolo 45 - Il rinnovo delle alberate

1. Al di là di ogni valutazione tecnica circa la necessità di rinnovare un'alberata nel suo complesso, l'Amministrazione Comunale e gli Uffici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) valutano la possibilità di mantenere - all'interno di progetti di rinnovo complessivo - singoli esemplari di soggetti arborei che presentano, diversamente dal gruppo o filare in cui sono inseriti, comprovati elementi di sicurezza, di vitalità e di stabilità, in modo da mantenere il più possibile come memoria collettiva testimonianze viventi del patrimonio arboreo storico cittadino (vedi cap.2 Titolo III - Tutela degli alberi di pregio e monumentali).
2. A tal fine gli Uffici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) provvederanno all'individuazione di misure preventive e limitative degli interventi di qualsiasi tipo nelle immediate vicinanze del soggetto in questione, al fine di evitare danni allo stesso dovuti a cantieri, salvo quanto necessario per la tutela e l'incolumità della cittadinanza (potature di sicurezza, transennamenti ecc.).
3. Tenuto conto delle considerazioni precedenti, si rende necessario programmare il rinnovo delle alberate in fase di irreversibile degrado o invecchiamento, situazione stabilita con le opportune verifiche attuate con le più moderne tecniche disponibili di controllo, al fine di valutare scientificamente il raggiungimento di fine ciclo vita delle piante in questione e dimostrare il reale e progressivo aumento dei rischi di schianto per i soggetti interessati.
4. Prima di procedere al rinnovo di un'alberata o parte di essa, l'Amministrazione Comunale o il relativo proprietario del bene, attua una capillare attività di informazione affinché i cittadini ed i loro rappresentanti istituzionali (Consiglio Comunale e Circoscrizioni) ne comprendano motivazioni e scopi, tramite incontri, elaborazione di pieghevoli e cartelloni esplicativi dell'intervento da collocarsi nell'area di cantiere.
5. Il rinnovo progressivo delle alberate ed in particolare di quelle storiche dell'area centrale della città trae origine da alcune importanti considerazioni:
 - 1) i vegetali sono esseri viventi ed in quanto tali hanno un ciclo vitale variabile secondo la specie ma comunque non infinito ed in ambiente urbano molto più ridotto che in condizioni normali;
 - 2) le alberate sono consociazioni coetaneiformi e quindi artificiali ed in quanto tali destinate o al progressivo diradamento o al passaggio ad una struttura disetanea comunque artificiale che ne penalizza i parametri estetico-paesaggistici;
 - 3) il progressivo invecchiamento degli esemplari rimasti determina una riduzione dell'attività fotosintetica utile all'uomo, una maggiore propensione alle malattie ed a causa di numerosi danni loro inferti dalle attività umane, produce progressivamente una perdita dei necessari parametri di stabilità meccanica e aumenta il pericolo per l'incolumità dei cittadini;
 - 4) lo sviluppo urbano provoca la riduzione degli spazi fisici necessari al loro sviluppo e la perdita di fertilità e degli altri requisiti agronomici necessari da parte del terreno che deve sostenerli e alimentarli;
 - 5) la scarsità dello spazio disponibile determina una ridotta possibilità di sostituzione degli esemplari abbattuti, visto che soggetti giovani isolati in mezzo ai vecchi esemplari crescono in maniera stentata e non sono in grado di ripristinare l'omogeneità del filare e le relative caratteristiche fitosanitarie ed ambientali.
6. Nel caso in cui si evidenzino l'inevitabilità della sostituzione di un'intera alberata, le strategie da adottare sono le seguenti:
 - 1) analisi del contesto storico ed architettonico del sito;
 - 2) analisi della situazione fitopatologica e statica dell'alberata;

- 3) definizione del cronoprogramma di sostituzione in funzione dei parametri precedenti valutando il mantenimento dei soggetti di pregio o monumentali che possono rappresentare una memoria storica del sito;
- 4) scelta delle specie da impiantare;
- 5) pianificazione dell'intervento congiuntamente al restante contorno urbano per ridefinire l'utilizzo degli spazi disponibili restituendo ai soggetti arborei lo spazio necessario alla loro crescita secondo le indicazioni di cui agli articoli 28 e 29 del presente regolamento;
- 6) programmazione dell'acquisto dei nuovi soggetti arborei che all'impianto dovranno avere circonferenza minima di cm 40-45 ed altezza non inferiore a 8-10 metri per le specie di 1^a e 2^a grandezza;
- 7) verifica della possibilità di utilizzo di soggetti arborei giovani ubicati in altre aree verdi con sesto di impianto da diradare, utilizzando la tecnica dei grandi trapianti meccanizzati;
- 8) valutazione dell'opportunità di realizzare l'intervento in modo scalare nel tempo, interessando ogni volta tratte del filare non superiori al 25-30% del numero complessivo qualora i soggetti presenti siano superiori alle 100 unità.

Articolo 46 - La progettazione e la realizzazione di nuove alberate

1. La progettazione di una nuova alberata coinvolge vari aspetti della vita urbana, in quanto la sostituzione di un'alberata senescente comporta inevitabilmente la ridefinizione della viabilità e dei trasporti, il riassetto dei sottoservizi, coinvolgendo vari soggetti, uffici ed enti in un lavoro di progettazione congiunta.
2. Una corretta e razionale progettazione delle nuove alberate deve porsi come obiettivo primario la creazione delle condizioni di partenza ottimali per gli alberi che si andranno a mettere a dimora, a iniziare dal fattore spazio, secondo le indicazioni di cui agli articoli 28 e 29 del presente Regolamento creando un substrato di impianto idoneo per profondità e struttura, preferibilmente in piena terra allo scopo di consentire una corretta crescita in rapporto alle caratteristiche botaniche della specie.
3. Le tecniche agronomiche più aggiornate dovranno essere applicate nella preparazione del substrato, nelle fertilizzazioni, nelle irrigazioni, negli ancoraggi e tutoraggi, nelle pavimentazioni secondo quanto stabilito nel successivo capitolo IV.

TITOLO VI: I TRAPIANTI ARBOREI

Articolo 47 - I trapianti arborei

1. L'ambiente urbano è un'entità dinamica soggetta a frequenti trasformazioni connesse a esigenze di varia natura. La modificazione della viabilità, la ridefinizione dei trasporti pubblici, la destinazione d'uso delle aree urbane, cambiano nel tempo la struttura della città. Ciò va inevitabilmente ad interferire anche con il patrimonio verde cittadino.
2. Il trapianto di alberi, e soprattutto il cosiddetto "grande trapianto" (riferito all'utilizzo di macchinari specializzati appunto nel trapianto di alberi di alto fusto adulti), è una tecnica moderna sviluppata negli ultimi anni. Questa tecnica comporta per gli alberi sottoposti ad essa, grande stress e serie riduzioni delle capacità vegetative, in quanto sia l'apparato radicale sia la chioma vengono sottoposti a tagli e potature drastiche per agevolare il loro trasporto nel nuovo sito.
3. Tutto questo comporta, nel migliore dei casi, una perdita sostanziale per diversi anni delle piene potenzialità di apportare i benefici ambientali scientificamente riconosciuti e utili per la collettività e,

nel peggiore dei casi, la morte dell'esemplare trapiantato, con conseguente eliminazione delle sue potenzialità di produzione di benefici ambientali.

4. La decisione quindi di procedere all'utilizzo della tecnica dei grandi trapianti non deve essere presa come semplice alternativa progettuale, e tanto meno può essere considerata un'operazione di immagine: prima di ricorrere al trapianto di soggetti arborei adulti, quindi, dovranno obbligatoriamente essere ricercate tutte le possibili soluzioni alternative che, modificando il progetto, consentano di mantenere in loco i soggetti esistenti, preservando comunque la dignità e l'integrità delle piante in tutte le loro parti senza sottoporle a mutilazioni drastiche (capitozzature) della chioma o dell'apparato radicale che nel tempo possono indurre lo sviluppo di fenomeni degradativi del legno e rendere il soggetto instabile e quindi potenzialmente pericoloso.

5. Tali interventi dovranno essere sottoposti a parere preventivo e vincolante del Settore Gestione Verde (o S.S.D.), che dovrà valutare in piena autonomia la trapiantabilità degli alberi che si trovino in contrapposizione con la realizzazione di un progetto pubblico.

6. La scelta di ricorrere ai grandi trapianti non può comunque esulare dalla contestuale valutazione preventiva e indicativa - da dettagliare con precisione durante le fasi successive (vedi articolo 48: Attività e verifiche preliminari) - di ulteriori piantumazioni a compensazione ambientale dei danni dovuti al trapianto che subiranno gli esemplari interessati (vedi articolo 37: Compensazione ambientale), al fine di bilanciare la significativa riduzione dei benefici ambientali prodotti dagli alberi assoggettati a tale intervento, compensazione che dovrà nel corso degli anni tenere conto delle eventuali fallanze dei soggetti trapiantati. Tale valore di compensazione corrisponde alla differenza fra il valore ornamentale dei soggetti ubicati nel loro sito originario e quello degli stessi esemplari una volta ridotti di dimensioni e collocati nel nuovo sito di piantagione.

7. L'obiettivo dell'intervento è quello di trasferire gli esemplari arborei individuati in modo da garantire, con le migliori tecniche agronomiche, l'attecchimento dei soggetti trapiantati in aree diverse.

8. Le modalità tecniche per l'effettuazione di grandi trapianti devono essere compiutamente definite, attuate e verificate nel tempo dagli Uffici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.).

Articolo 48 - Attività e verifiche preliminari

1. Prima di assumere la decisione definitiva in merito ai grandi trapianti, è necessario effettuare le seguenti analisi e verifiche preliminari:

- 1) valutazione della specie arborea interessata e delle condizioni statiche e sanitarie dei singoli soggetti arborei. Infatti, non per tutte le specie e non per tutte le dimensioni è consigliabile un grande trapianto;
- 2) valutazione delle dimensioni della banchina alberata sulla quale si intende operare che devono essere tali da poter materialmente asportare l'albero consentendo all'apposita macchina trapiantatrice di poter effettuare il relativo intervento di rimozione (larghezza della banchina alberata non inferiore a metri 2,50).

2. Le operazioni di trapianto di soggetti arborei devono avvenire secondo le migliori tecniche agronomiche, in un'unica operazione e nei tempi vegetativi appropriati; si possono individuare tre fasi principali nelle quali deve essere articolato l'intervento:

- 1) **preparazione:** su ciascun soggetto arboreo dovrà essere effettuata una potatura strettamente funzionale allo spostamento ed al successivo attecchimento; l'intervento di potatura dovrà essere limitato alla riduzione minima della chioma in quanto integrato quanto più possibile da una accurata legatura della stessa. Sulle specie che lo richiedono dovrà essere prevista la fasciatura del

fusto con tela di juta.

Solitamente sono altresì compresi in questa fase operativa tutti quegli interventi di rimozione siepi, movimenti terra, ripristino cordoli e tappeti erbosi, ritenuti necessari prima, durante ed al termine dell'intervento.

- 2) **L'operazione di trapianto** dovrà essere effettuata in un'unica operazione con idoneo mezzo (trapiantatrice meccanica) correttamente dimensionato in riferimento alle piante da espianare individuate.

Si dovranno prelevare i soggetti arborei individuati, formando una zolla compatta che comprenda la maggior parte possibile dell'apparato radicale e trasferirli nelle nuove sedi.

L'intervento si intende comprensivo degli oneri connessi alla concimazione a lenta cessione, all'intasatura della zolla con humus e terriccio, al tutoraggio del soggetto mediante pali di conifera torniti e trattati, alla formazione del tornello nonché al primo bagnamento.

- 3) **Manutenzione:** nel corso delle tre stagioni vegetative successive al trapianto l'affidatario che ha effettuato i trapianti deterrà la responsabilità manutentiva dei soggetti.

Ciò a meno di accordi diversi assunti con il Settore Gestione Verde (o S.S.D.) che ne coordina le operazioni.

Egli dovrà pertanto porre in essere tempistiche, quantità e qualità di bagnamento, interventi tempestivi qualora le condizioni climatiche eccezionalmente secche lo richiedano, diserbo anti-germinello del tornello, ripristino dei tornelli danneggiati, eliminazione delle eventuali malerbe e comunque ogni intervento ritenuto utile all'attecchimento definitivo dei soggetti trapiantati.

Di tali interventi dovrà essere anticipatamente informata la Stazione Appaltante nella persona del Responsabile dei lavori nominato dall'Amministrazione Comunale che avrà così modo di seguire le operazioni e redigere un verbale annuale degli interventi realmente effettuati.

Al termine di ogni stagione manutentiva, l'affidatario, con ogni onere a suo carico e su indicazione del Responsabile dei lavori, provvederà a sostituire gli alberi morti o che manifestano gravi insufficienze vegetative con soggetti esemplari di circonferenza non inferiore a cm 40-45 e a metri 8-10 di altezza.

L'Amministrazione Comunale, tramite il Settore Gestione Verde (o S.S.D.) o tramite altro Settore da questo delegato, può ricorrere alla tecnica dei grandi trapianti per effettuare, ove utile per la sopravvivenza degli alberi, diradamento di popolamenti arborei piantati con sesto di impianto troppo fitto in parchi e giardini allo scopo di riutilizzare esemplari idonei alla forestazione di aree scarsamente alberate, che nei siti di impianto, a causa della eccessiva densità del popolamento non potrebbero convenientemente estrinsecare le loro potenzialità ecobiologiche.

In ogni caso l'Amministrazione Comunale, a mezzo degli Uffici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.), provvederà a piantare sul posto o in sito idoneo individuato, esemplari arborei in dimensioni (minimo con circonferenza di 20-25 cm) e numero tali da compensare la diminuzione del valore ornamentale dei soggetti trapiantati.

CAPITOLO QUARTO - PROGETTAZIONE DEL VERDE

TITOLO I: PROCEDURA AUTORIZZATIVA PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVE OPERE A VERDE PUBBLICO

Articolo 49 - Procedure e criteri generali

1. La progettazione del verde pubblico, sia di iniziativa pubblica che privata, nell'ambito di interventi urbanistici esecutivi ovvero di interventi edilizi diretti, limitatamente ai casi in cui sia richiesta la realizzazione di opere di urbanizzazione, deve essere conforme ai criteri e alle prescrizioni del presente Regolamento e del P.R.G.C. vigente.
2. La conformità alle norme contenute nel presente Regolamento deve essere espressamente indicata nella relazione tecnica inserita nel progetto.
3. L'analisi ambientale (condizioni pedoclimatiche) e l'analisi dell'utenza (scopi e funzioni della realizzazione) devono essere effettuate dal Richiedente preliminarmente per valutare le potenzialità del sito; in base a queste ultime, e agli eventuali vincoli presenti, può essere definito l'impianto vegetazionale e il relativo piano di manutenzione.
4. E' inoltre indispensabile che le nuove realizzazioni vengano progettate considerando come prioritario il loro inserimento nel sistema del verde urbano esistente, allo scopo di costituire un elemento integrato della rete di spazi verdi e non un complesso isolato non collegato al contesto ambientale urbano.
5. La corretta progettazione permette di ottenere la migliore riuscita funzionale ed estetica del verde ottimizzando costi di impianto e di manutenzione. Per raggiungere tale obiettivo occorrerà privilegiare specie vegetali autoctone e naturalizzate (vedi allegato n. 7), resistenti alle fitopatie e a bassa intensità di manutenzione, valutare opportunamente distanze e sestì di impianto, limitare il consumo della risorsa idrica e, in più in generale, adottare soluzioni consone all'ambiente e al paesaggio circostante ed alle risorse economiche mediamente disponibili per la manutenzione.
6. Nelle zone di particolare valore paesaggistico e ambientale (aree protette e aree contigue ad aree protette, zone limitrofe ai maggiori corsi d'acqua, aree con elementi di naturalità diffusa) i progetti per nuove opere a verde, o per la ristrutturazione del verde esistente, dovranno conformarsi al criterio dell'inserimento paesaggistico e ambientale, rispettando i criteri previsti dagli strumenti di pianificazione territoriale esistenti (Piani d'Area degli Enti Parco).
7. I progetti concernenti parchi e giardini pubblici e tutti i progetti realizzati da Settori interni dell'Amministrazione che prevedono il coinvolgimento di aree verdi o alberate esistenti o la realizzazione di nuove aree verdi devono prevedere all'interno del gruppo di progettazione e della direzione lavori un tecnico del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) o del Settore Grandi Opere del Verde Pubblico (o S.S.D.).
8. I progetti di nuove costruzioni o ristrutturazioni ed i progetti di comparti soggetti a strumento urbanistico attuativo (nuove concessioni edificatorie private, concessioni o autorizzazioni edilizie private che modificano lo stato e/o la sistemazione delle aree esterne ai fabbricati esistenti, trasformazioni e modificazioni dei giardini o parchi privati esistenti, interventi di edilizia privata inerenti a opere di urbanizzazione primaria o secondaria, viabilità e parcheggi con alberature nuove o esistenti, sistemazioni di aree esterne di pertinenza di strutture ricettive e/o commerciali, ecc.) dovranno essere corredati da un'analisi dello stato di fatto, con rilievo puntuale e dettagliato delle piante eventualmente esistenti e da un progetto di sistemazione del verde redatto da un tecnico abilitato del

settore (agronomo, forestale, architetto paesaggista o esperto in progettazione del verde). In tutti i casi, in base alle peculiarità della progettazione ed in base al prevalente interesse ambientale, urbanistico o estetico che si intenda perseguire, i progetti del verde potranno essere redatti da un tecnico abilitato del settore con l'affiancamento di altre figure professionali.

Articolo 50 - Il progetto di sistemazione a verde

1. Tutti i progetti su area pubblica o privata in cessione alla Città non elaborati direttamente dai Settori del Verde Pubblico relativi alla realizzazione di nuove aree verdi sul territorio comunale o la modifica o il rifacimento di aree già esistenti, devono essere sottoposti a verifica da parte di apposita Commissione, di cui all'Articolo 51, che esprime parere tecnico vincolante.

Articolo 51 - Costituzione della Commissione Aree Verdi (C.A.V.)

1. La Commissione Aree Verdi (in seguito denominata C.A.V.), organo tecnico consultivo comunale in tema di verde urbano, è costituita presso il Settore Gestione Verde (o S.S.D.) ed è così composta:

- 1) *il Dirigente del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) - (Presidente della Commissione) - o di un suo delegato;*
- 2) *un Funzionario del Settore Gestione Verde (o S.S.D.);*
- 3) *un Funzionario del Settore Grandi Opere del Verde Pubblico (o S.S.D.);*
- 4) *un Funzionario del Settore proponente il progetto (di cui all'articolo 50);*
- 5) *Un Funzionario della Circostrizione competente per territorio.*

2. Considerate le diverse tipologie di progetti che prevedono la realizzazione di aree verdi, su richiesta del Presidente della Commissione, del Sindaco, dell'Assessore delegato, dei Direttori delle Divisioni interessate al singolo Progetto, la Commissione di cui sopra può essere integrata, di volta in volta, da esperti esterni designati dall'Amministrazione, per meglio esaminare aspetti particolari dei vari progetti, soprattutto quando il verde interferisce in modo rilevante con la viabilità, la rete dei trasporti, i vari sottoservizi presenti in città e interventi urbanistici complessi.

3. Tutti i componenti devono risultare cittadini di maggiore età, ammessi all'esercizio dei diritti politici.

4. I componenti di cui ai punti 2), 3), 4) vengono individuati di volta in volta dai rispettivi Dirigenti sulla base del progetto il cui esame viene sottoposto alla Commissione stessa.

5. Gli eventuali esperti vengono individuati di volta in volta dal Presidente.

6. In caso di assenza ingiustificata per tre sedute consecutive, i componenti verranno sostituiti con altri Funzionari designati dal Presidente della C.A.V..

7. La Commissione esprime i propri pareri a maggioranza dei presenti aventi diritto al voto; in caso di parità prevale il voto del Presidente.

8. I pareri espressi dalla Commissione sono vincolanti.

9. Il verbale delle riunioni della Commissioni deve indicare il luogo e la data della riunione, il numero e i nominativi dei presenti, il riferimento allo specifico progetto in fase di esame, il parere espresso con la relativa motivazione o la richiesta di integrazioni o supplementi istruttori, l'esito della votazione. Il verbale è firmato dal Segretario estensore e dal Presidente della Commissione.

10. La Commissione esamina ed esprime il proprio parere tecnico vincolante su progetti di nuove aree verdi, rifacimento di tali aree, P.E.C. o similari.

11. Per ciò che concerne le aree verdi previste nell'ambito dei P.E.C. (Piani di Edilizia

Convenzionata), dei P.R.U. (Programmi di Recupero Urbano), dei P.R.I.U. (Programmi di Riqualificazione Urbana), dei P.I.S.L. (Programmi Integrati di Sviluppo Locale) e similari, la cui realizzazione è coordinata da Settori specifici dell'Amministrazione, il Presidente della C.A.V. o un suo delegato parteciperà alla Conferenza dei Servizi indetta dal Settore competente previa verifica del progetto ed espressione del parere vincolante.

Articolo 52 - Elaborati progettuali

1. Gli elaborati costituenti il Progetto tecnico-culturale di sistemazione a verde, da presentare alla Commissione Aree Verdi completi ed approfonditi in ogni loro parte secondo criterio del progettista, dovranno essere costituiti quanto meno dai seguenti documenti:

- a) relazione tecnica: che descriva compiutamente l'intervento nel suo insieme (le analisi ambientali previste dall'articolo 49), le scelte progettuali e le specifiche tecnico-agronomiche che s'intendono adottare. In particolare, devono essere chiaramente individuati lo stato di fatto (inquadramento paesaggistico e descrizione dello stato di fatto con relativa planimetria), le servitù aeree e sotterranee, la valutazione delle eventuali preesistenze arboree, i soggetti arborei eventualmente da sottoporre a trapianto meccanizzato (vedi articoli 47 e 48), tutti i particolari e gli obiettivi progettuali delle opere sia di demolizione che di costruzione;
- b) capitolato tecnico: (i riferimenti puntuali possono essere desunti dal capitolato e dalle prescrizioni tecniche delle Manutenzioni Ordinarie del Verde Pubblico in vigore al momento dell'esecuzione del progetto o da quelli relativi a Nuove Opere a Verde Pubblico): che deve contenere le qualità specifiche del materiale vegetale (alberi, arbusti, tappezzanti, sementi, ecc.) che s'intende impiegare con specificazione puntuale del sesto d'impianto che per ogni specie botanica prescelta s'intende porre a dimora, la descrizione delle tecniche costruttive e dei materiali, delle strutture, degli arredi che s'intendono adottare, ecc.;
- c) valutazione previsionale di clima acustico: ex articolo 8, comma 3 Legge 447/1995 e articolo 11, L.R. 52/2000, redatta secondo i criteri indicati dalla DGR n. 46-14762 del 14 febbraio 2005 (BURP n. 8 del 24 febbraio 2005), qualora la quiete rappresenti elemento di base per la fruizione dell'area verde. Tale documento dovrà essere presentato dal progettista al Settore competente;
- d) computo metrico estimativo: delle opere, dei noli e delle forniture previste per dare finito l'intervento facente riferimento specifico all'Elenco Prezzi della Regione Piemonte in vigore oppure a specifica ricerca di mercato;
- e) tavole di progetto: redatte nelle scale più opportune per illustrare al meglio sia le opere nel loro complesso (l'inserimento del progetto nel sistema del verde urbano esistente) che i particolari costruttivi nonché l'incidenza delle superfici non permeabili previste dal progetto. Nella rappresentazione in pianta, tutti i soggetti arborei presenti o previsti sono necessariamente raffigurati con un cerchio che simula in scala il diametro medio della chioma a maturità;
- f) documentazione fotografica: che certifichi sia lo stato di fatto delle aree che le eventuali preesistenze arboree presenti;
- g) piano di manutenzione: considerato come strumento tecnico di gestione che deve essere uniformato alla tipologia gestionale in vigore presso il Settore Gestione Verde - o S.S.D. (i riferimenti puntuali possono essere desunti dal capitolato e dalle prescrizioni tecniche della Manutenzione Ordinaria del Verde Pubblico in vigore al momento dell'esecuzione del progetto).

Articolo 53 - Iter autorizzativo

1. Per ottenere l'autorizzazione su progetti di nuove aree verdi o rifacimento di parchi e giardini e per i P.E.C. (Piani di Edilizia Convenzionata) o similari, occorre seguire l'iter di seguito indicato (vedi

allegato n. 10):

A. NUOVI PROGETTI O RIFACIMENTO DI AREE VERDI

- **Incontri preliminari**

Allo scopo di inquadrare le diverse problematiche, il progettista incaricato, prima dell'invio del progetto alla Commissione Aree Verdi, dovrà richiedere un incontro preliminare al tecnico del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) competente per territorio compilando la relativa scheda di accompagnamento del progetto (vedi **allegato n. 11**). Tale scheda, compilata nelle parti necessarie, farà parte degli elaborati progettuali da presentare in sede di C.A.V..

- **Presentazione del progetto**

Il progetto dell'opera da realizzare, completo degli elaborati di cui all'articolo 52, deve essere trasmesso alla segreteria della Commissione Aree Verdi che sarà istituita presso la segreteria del Settore Gestione Verde (o S.S.D.).

- **Verifica del progetto**

Entro 30 giorni dalla data di presentazione la Commissione analizza il progetto e rilascia il relativo parere tecnico vincolante (vedi punto successivo: approvazione del progetto).

Prima di rilasciare l'autorizzazione di cui sopra, qualora la legge lo preveda, la Commissione trasmetterà il progetto agli Enti preposti e/o ai Settori competenti per l'ottenimento dei pareri di competenza e/o delle autorizzazioni necessarie dandone contestuale comunicazione al progettista e, in tal caso, sospendendo il decorso dei termini prescritti.

Analogamente, qualora la Commissione ritenga necessarie modifiche al progetto, trasmetterà la relativa richiesta al progettista, sospendendo anche in questo caso la decorrenza dei termini prescritti.

- **Approvazione del progetto**

Al termine dell'iter di valutazione del progetto la Commissione rilascia il parere tecnico vincolante mediante la predisposizione di uno specifico verbale, successivamente inviato al Richiedente con lettera raccomandata.

B. P.E.C. - P.R.U. - P.R.I.U. - P.I.S.L. E SIMILARI

Per ciò che concerne le aree verdi previste nell'ambito dei P.E.C. (Piani di Edilizia Convenzionata), dei P.R.U. (Programmi di Recupero Urbano), dei P.R.I.U. (Programmi di Riqualificazione Urbana), dei P.I.S.L. (Programmi Integrati di Sviluppo Locale) e similari, la cui realizzazione è coordinata da Settori specifici dell'Amministrazione, il Presidente della C.A.V. o un suo delegato parteciperà alla Conferenza dei Servizi indetta dal Settore competente previa verifica del progetto ed espressione del parere vincolante.

Articolo 54 - Realizzazione dei lavori

1. Una volta ottenuta l'approvazione del progetto da parte delle istituzioni preposte al governo del territorio, il Richiedente può procedere alla realizzazione della nuova area verde previa presentazione al Settore Gestione Verde (o S.S.D.) dei seguenti documenti:

- A. **comunicazione di inizio lavori**. Facendo riferimento agli estremi dell'Autorizzazione, attraverso di essa il Richiedente comunica la data di inizio lavori, il nominativo dell'impresa esecutrice, il nominativo del direttore lavori per le opere agronomiche, e la data approssimativa di fine lavori;
- B. **polizza fidejussoria di garanzia per la regola d'arte e l'attecchimento del materiale vivaistico**. Salvo deroghe rilasciate dalla C.A.V., al momento della compilazione della Scheda di accompagnamento progettuale, al fine di garantire da parte del Richiedente una corretta

esecuzione e continuativa manutenzione del verde realizzato fino alla presa in carico definitiva di tali opere da parte del Settore Gestione Verde (o S.S.D.), il Richiedente stesso dovrà provvedere al versamento della cauzione mediante fidejussione bancaria o polizza fidejussoria, rilasciata da Società di Assicurazione in possesso dei requisiti richiesti dalla Legge 10/6/1982, n. 348, ai sensi dell'articolo 14 del vigente Capitolato Generale degli Appalti Municipali. Le firme dei rappresentanti degli Istituti di Credito o delle Società di Assicurazione dovranno essere autenticate con l'indicazione della qualifica e degli estremi del conferimento dei poteri di firma. La cauzione dovrà essere consegnata all'Ufficio preposto del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) contestualmente alla comunicazione di inizio lavori.

L'importo di detta cauzione dovrà essere non inferiore al 20% del valore delle opere a verde riportate sul computo allegato al progetto autorizzato.

La scadenza di tale polizza dovrà coincidere con il termine della stagione agronomica (mesi di ottobre e novembre) successiva alle opere di piantamento e/o semina.

Articolo 55 - Collaudo e assunzione in carico

1. Le realizzazioni a verde facenti parte del progetto autorizzato s'intendono sempre eseguite a regola d'arte da imprese aventi comprovata esperienza nel campo del verde pubblico.
- 1) Varianti. Fatti salvi i cambiamenti rientranti nella discrezionalità riconosciuta dalla normativa vigente al direttore lavori, qualunque variazione progettuale rispetto a quanto autorizzato deve essere necessariamente sottoposta in modo formale all'approvazione preventiva da parte della Commissione Aree Verdi. In particolare, nel corso della prima convocazione utile, la Commissione produce una specifica integrazione del parere espresso in origine che verrà inviato tempestivamente al Richiedente.
- 2) Comunicazione di fine lavori. Deve essere spedita dal Richiedente tramite raccomandata, ed entro i 30 giorni successivi il Settore Gestione Verde (o S.S.D.) stabilisce un sopralluogo congiunto per la presa in carico delle aree (vedi successivo punto 5).
- 3) Difficoltà esecutiva. Qualora nel corso del predetto sopralluogo i tecnici e/o funzionari del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) accertino e documentino delle difficoltà non sanabili rispetto al progetto autorizzato oppure riscontrino e documentino una carenza non fisiologica nella manutenzione agronomica degli interventi realizzati, il Richiedente dovrà procedere tempestivamente, con ogni onere e responsabilità a proprio carico, alle demolizioni, alle modifiche ed alla realizzazione degli interventi necessari per conseguire la piena rispondenza delle opere realizzate con quelle autorizzate. In tali circostanze, ogni onere manutentivo permane a carico del Richiedente.
- 4) Collaudo. Dovrà essere effettuato da una figura professionale competente (agronomo, forestale, architetto esperto nel settore o paesaggista) che dovrà essere nominata dal Richiedente. Per quanto concerne le aree verdi rientranti nei Piani di Edilizia Convenzionata o similari il collaudo dovrà essere effettuato da una figura professionale competente interna all'Amministrazione (agronomo, forestale, architetto esperto nel settore o paesaggista).
- 5) Presa in carico da parte del Settore Gestione Verde (o S.S.D.). In caso di accertata rispondenza tra opere autorizzate ed eseguite e riscontrato nel contempo l'attecchimento del materiale vivaistico previsto dal progetto, il sopralluogo termina con la sottoscrizione congiunta di un documento con il quale il Settore Gestione Verde (o S.S.D.) dichiara di prendere in carico da quel momento le

- opere realizzate ed il materiale vegetale messo a dimora.
- 6) Svincolo della polizza fidejussoria. Successivamente alla presa in carico e comunque entro 30 giorni da tale momento, il Settore Gestione Verde (o S.S.D.) provvede a trasmettere all'Istituto erogante ed al Richiedente le lettere che autorizzano lo svincolo della polizza fidejussoria.
- Nel caso in cui il Richiedente abbia trascurato in modo grave, l'adempimento delle condizioni tecniche riportate nell'autorizzazione, l'Amministrazione Comunale potrà di pieno diritto, senza formalità di sorta, richiedere la sospensione dei lavori, con diritto al risarcimento degli eventuali danni, procedendo all'incameramento della cauzione. Tale situazione dovrà essere contemplata nell'atto di collaudo.

TITOLO II: LINEE GUIDA PROGETTUALI

1. Al fine di agevolare la redazione di elaborati coerenti con le esigenze e le finalità del verde pubblico, fermo restando quanto prescritto in altre parti del presente Regolamento, di seguito si riportano le principali linee guida progettuali ritenute valide per l'elaborazione dei progetti.

Articolo 56 - Scelta delle specie

1. Nella scelta delle specie da impiantare nelle aree verdi debbono essere privilegiate le specie autoctone (vedi elenco in allegato n. 7) nel rispetto dei vincoli urbanistici e paesaggistici vigenti.
2. La scelta delle specie vegetali per la realizzazione di nuovi impianti dovrà essere orientata dalle esigenze e dalle preesistenze dettate dall'ambiente urbano di destinazione nonché dai benefici conseguenti in termini di resistenza ad agenti inquinanti, a malattie, di riduzione del rumore e di rusticità.

Nella scelta delle specie occorre seguire i seguenti criteri:

- almeno il 50% di alberi di prima grandezza; 30% di seconda, 20% di terza di cui:
 - almeno il 60% di specie autoctone o particolarmente idonee all'ambiente;
 - meno del 25% di associazioni botaniche naturalizzate nel territorio;
 - meno del 25% non locali né naturalizzate;
 - dimensione dei fusti: il 50% con circonferenza di 20/25 cm ed il 50% con circonferenza di 35/40 cm.

3. I principali elementi di cui tenere conto nella scelta delle specie per la realizzazione di nuovi impianti sono:

 - l'adattabilità alle condizioni ed alle caratteristiche pedoclimatiche;
 - la resistenza a parassiti di qualsiasi genere;
 - la presenza di caratteri specifici indesiderati come frutti pesanti, velenosi, maleodoranti e fortemente imbrattanti, spine, elevata capacità pollonifera, radici pollonifere o forte tendenza a sviluppare radici superficiali;

 - la presenza di limitazioni per il futuro sviluppo della pianta con particolare riferimento alla chioma ed alle radici, quali ad esempio la presenza di linee aeree o di impianti sotterranei, la vicinanza di edifici, ecc..

Articolo 57 - Scelta degli alberi in vivaio

1. Così come tutto il materiale vivaistico messo a dimora, anche gli alberi utilizzati per la

realizzazione di nuovi impianti devono risultare di prima scelta, privi di lesioni, fisiopatie e fitopatie in atto, caratterizzati da un corretto allevamento in campo (per circonferenza minima di 20-25 cm le piante devono essere allevate con sesto 2,00 metri x 1,80-2,00 metri) supportato e completato da un adeguato numero di trapianti (minimo 3, di cui l'ultimo effettuato non oltre tre anni prima) nonché da un'ottima zollatura finale, accertata in vivaio e verificata sul cantiere d'impianto.

2. Per piante di dimensioni superiori il sesto di impianto deve essere progressivamente adeguato al loro sviluppo, i trapianti devono essere almeno 4, l'ultimo dei quali effettuato non oltre tre anni prima.

3. In particolare, gli esemplari scelti devono possedere:

- un apparato radicale sano e ben strutturato, simmetricamente distribuito intorno al fusto, con un sufficiente numero di radici assorbenti in grado di assicurare attecchimento e ripresa dopo la messa a dimora ed esente da tagli di dimensioni superiori a cm. 2;
- un fusto verticale, diritto, privo di difetti, ferite ed alterazioni di qualsiasi natura;
- una chioma regolare e simmetrica, con una giusta distribuzione delle ramificazioni, priva di porzioni secche, alterate o danneggiate da qualsiasi causa;
- una giusta proporzione tra altezza e diametro del fusto; ad esempio per una pianta con circonferenza del fusto di 20-25 cm, l'altezza deve essere di circa 5,5 - 6 metri; per una pianta con circonferenza del fusto di 40-45 cm, l'altezza deve essere di circa 8 - 10 metri.

4. Il rispetto di questi criteri base dovrà essere accertato da un responsabile del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) prima in vivaio e quindi verificato sul cantiere d'impianto, al fine di controllare che non vi siano stati danni durante la movimentazione e il trasporto delle piante.

5. Particolari attenzioni dovranno essere poste nel verificare la presenza di eventuali radici strozzanti che con la loro crescita irregolare e spiralata, possono determinare futuri problemi alla pianta, così come si dovrà accertare, in caso di piante fornite in zolla, che la stessa sia di dimensioni adeguate a quelle della pianta.

Articolo 58 - Caratteristiche delle piante all'impianto

1. In linea di principio sono da preferire piante fornite in zolla, allo scopo di ridurre la crisi da trapianto e quindi consentire un migliore attecchimento; infatti le piante in contenitore se da un lato sono svincolate dalla stagionalità tipica delle piante in zolla, presentano per contro alcuni svantaggi legati soprattutto alle precedenti fasi di coltivazione in vivaio come il fatto di aver passato più di una stagione vegetativa nello stesso vaso e quindi aver generato radici strozzanti.

2. Da tale principio si può derogare qualora l'impianto richieda un pronto "effetto" (intendendosi per pronto effetto l'utilizzo di piante di dimensioni ragguardevoli oltre a quelle normalmente utilizzate nelle realizzazioni a verde).

3. Per quanto riguarda le dimensioni e l'età delle piante sono da preferire gli esemplari giovani che hanno una risposta più rapida nel ristabilire un più equilibrato rapporto tra chioma e radici e riprendono la crescita in modo più rapido e vigoroso delle piante di maggiori dimensioni.

4. Le dimensioni delle piante in zolla da utilizzare negli impianti devono essere comprese preferibilmente tra 20-25 e 40-45 cm di circonferenza del fusto.

5. Le caratteristiche tecnico-agronomiche e fitosanitarie degli esemplari arborei possono essere puntualmente desunte dalle prescrizioni tecniche in vigore per la Manutenzione Ordinaria del Verde Pubblico in corso al momento della scelta nel vivaio di origine.

Articolo 59 - Epoca e modalità d'impianto

1. Il periodo migliore per la messa a dimora è il periodo di riposo vegetativo: dall'autunno (dopo la caduta delle foglie) all'inizio della primavera (prima della schiusura delle gemme).
2. Al fine di ottenere buoni risultati dal nuovo impianto è necessario:
 - scavare una buca sufficientemente ampia, con diametro superiore di almeno 50-60 cm rispetto a quello della zolla;
 - preparare in modo corretto e completo il terreno e il drenaggio nella buca;
 - collocare la pianta alla giusta profondità e riempire correttamente la buca;
 - assicurare la pianta a tutori esterni o sotterranei;
 - pacciamare la base dell'albero e innaffiare regolarmente;
 - mettere in opera, se necessario o previsto, sistemi protettivi permanenti o temporanei;
 - effettuare una corretta e moderata potatura di trapianto.
3. Tutte le piante dovranno essere poste a dimora a regola d'arte, al fine di ottenere le massime garanzie di attecchimento e assicurare le condizioni ideali per lo sviluppo.

Articolo 60 - Distanze d'impianto

Distanze dai confini

Fatto salvo per quanto previsto dalle norme ¹³ e dagli usi vigenti in materia, per le distanze dai confini vengono considerate minime le misure indicate nella tabella sottostante, ad esclusione delle alberature stradali.

Tabella A: distanze dai confini

Classe di grandezza	Distanza dai confini
1^ grandezza (altezza > 16 metri)	6 metri
2^ grandezza (altezza 10-16 metri)	4 metri
3^ grandezza (altezza < 10 metri)	3 metri

Distanze dalle linee aeree

Per le utenze aeree elettriche e di telecomunicazione presenti in ambiente urbano ed aventi altezza minima di 5 metri, come previsto dal D.M. 21 marzo 1988 n. 449¹⁴ articolo 2.1.06, dovrà essere rispettata la distanza minima di impianto per un raggio di cm. 30 attorno al cavo.

Distanze dalle utenze sotterranee

Per le utenze sotterranee che devono essere posizionate ex novo, devono essere rispettate le distanze minime per ogni albero indicate in tabella in funzione della classe di grandezza a cui l'albero appartiene.

Tabella B: distanze dalle utenze sotterranee

Classe di grandezza	Distanza dalle utenze
Esemplari monumentali o di pregio con diametro > di 80 cm	> di 5 metri
Platani con diametro > di 40 cm	> di 5 metri

¹³ Codice Civile: articolo 892 (Distanze per gli alberi) e seguenti.

¹⁴ D.M. 21 marzo 1988, n. 449: "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne".

1^ grandezza (altezza > 16 metri)	> di 4 metri
2^ grandezza (altezza 10-16 metri)	> di 3 metri
3^ grandezza (altezza < 10 metri)	> di 2 metri

Distanze dalle linee ferroviarie

In ottemperanza a quanto previsto dagli articoli 52 e 55 del D.P.R. n. 753 dell'11 luglio 1980 e dall'articolo 4 della Legge n. 1202 del 12 novembre 1968, per alberi, arbusti e siepi si devono rispettare le distanze indicate in tabella.

Tabella C: distanze dalle linee ferroviarie

Tipo di vegetazione	Altezza	Distanza minima
alberi	> 4 metri	Altezza massima della pianta a maturità aumentata di 2 metri
arbusti e alberi	< 4 metri	6 metri
siepi	> 1,50 metri	6 metri
siepi	< 1,50 metri	5 metri

Se il tracciato della ferrovia si trova in trincea o rilevato, le distanze devono essere aumentate così da mantenere una distanza minima di 2 metri dal piede del rilevato o dal ciglio della trincea.

Articolo 61 - Distanze e modalità d'impianto per i nuovi impianti e sostituzioni

A) Alberi

Fermo restando le disposizioni del Codice Civile agli articoli 892 (distanze dagli alberi) e seguenti, del Nuovo Codice della Strada e s.m.i., delle Norme Ferroviarie, dei Regolamenti dei Consorzi di Bonifica e della Normativa di Polizia Idraulica dei Fiumi¹⁵, nella realizzazione di nuove aree a verde, nei nuovi impianti e negli impianti di sostituzione, sia nella progettazione urbanistica, sia in quella del verde privato, dovranno essere osservate per gli alberi le seguenti distanze di impianto:

Tabella D: distanze minime per il nuovo impianto di soggetti arborei¹⁶

	Specie di 1^ grandezza	Specie di 2^ grandezza	Specie di 3^ grandezza o di 1^ e 2^ grandezza, purchè con chioma di forma piramidale stretta o colonnare ¹⁷
Distanza minima dagli edifici	8,00 m dal fusto al	6,00 m	4,00 m

¹⁵ Regio Decreto del 25 luglio 1904, n. 523: "Testo Unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie" ed eventuali s.m.i..

¹⁶ Le distanze indicate nel prospetto si applicano per le piante nate o piantate dopo l'entrata in vigore del presente Regolamento; in caso contrario, si applicano le distanze minime di cui agli articoli 892 e 893 del Codice Civile. La distanza si misura dalla base esterna del tronco dell'albero nel tempo della piantagione o dalla linea di semina. Le prescrizioni di cui al presente articolo non si applicano in caso di sostituzioni di fallanze verificatesi all'interno di alberate e gruppi arborei preesistenti.

¹⁷ Hanno chioma colonnare, ad esempio, i pioppi cipressini, i carpini piramidali e le querce fastigate.

	fronte dei fabbricati		
Distanza minima dal marciapiede	2,00 m dal fusto al margine esterno	1,00 m	1,00 m

La densità di piantagione deve essere almeno di un esemplare d'alto fusto ogni 150 mq di area verde.

Occorre inoltre rispettare le indicazioni fornite dagli articoli 28 e 29.

Il tutoraggio degli alberi deve essere scelto di volta in volta in base al contesto: palo singolo, triplo palo con smezzole, sotterraneo (con ancorette, con pali in legno, ecc.).

B) Arbusti

- presenza arbustiva di riferimento: gruppo composto da 15/20 arbusti ogni 150 mq (sesto d'impianto indicativo 1 pianta/mq), da alternarsi con 1 gruppo di tappezzanti arbustive di mq 10/15 (sesto d'impianto indicativo 7/9 piante/mq);
- utilizzo: evitare di porli in punti dell'area in cui viene reso più complesso l'intervento manutentivo e pertanto porli a dimora prevalentemente in aree di ridotte dimensioni come alternativa al prato, negli angoli dell'area verde, sottochioma, contro muri o recinzioni, ecc.;
- impiego di rosai coprisuolo (sesto indicativo: 5piante/mq) piuttosto che di arbusti;
- pacciamatura con biostuoia in materiale di origine vegetale (cocco o similari) con spessore non inferiore a mm 8 (evitare l'uso di teli intrecciati in plastica).

C) Aree mercatali

- cordolatura del posto pianta a raso rispetto alla pavimentazione dello spazio mercatale; mentre in corrispondenza degli stalli mercatali riservati alla vendita di prodotti che rilasciano liquidi e/o sostanze tossiche per gli apparati radicali degli alberi (pesce, ecc.), perimetrare i posti pianta limitrofi con una canaletta a raso che intercetti i liquami stessi;
- impianto d'irrigazione sotterraneo, allineato alle caratteristiche tecniche adottate dagli Uffici competenti in materia di Verde Pubblico;
- pavimentazione dello spazio-pianta con quadrotti alveolari forati (cemento, plastica) e/o piastre forate in ghisa posati a raso rispetto alla cordolatura ed intasati con misto stabilizzato;
- dissuasori metallici anti-parcheggio;
- protezione metallica al fusto anti-urto.

D) Aree d'incrocio

In prossimità delle aree d'incrocio, per la sostituzione di alberi o la nuova messa a dimora, è possibile derogare alle norme previste dal presente Regolamento soltanto nel caso di pubblica incolumità e nei casi espressamente previsti da normativa vigente.

Articolo 62 - Verde pensile

1. Si definisce *verde pensile* la " tecnologia per realizzare opere a verde su superfici non in contatto con il suolo naturale".
2. Oggetto d'inverdimento pensile possono essere, quindi, non solo coperture, tetti e terrazze, ma anche parcheggi interrati, gallerie, passanti ferroviari, piazze, altre forme di arredo urbano, ecc..
3. In situazioni progettuali di questo tipo, tale tecnica è da preferirsi al semplice ricarico (anche se

abbondante) di terreno vegetale in quanto il *verde pensile* assicura, attraverso una stratigrafia estremamente contenuta e alleggerita, la costituzione di un insieme "substrato - riserva d'acqua" ottimale e duraturo negli anni per una più che soddisfacente crescita di specie arboree, arbustive ed erbacee. In tale ottica esistono in commercio diverse tipologie brevettate che si basano su alcune caratteristiche comuni:

- telo antiradice: resistenza all'azione meccanica delle radici sulle guaine (ossia teli antiradice con resistenza alle azioni chimiche e meccaniche quali, ad esempio, teli in PVC o poliolefine);
- strato drenante: comprensivo al suo interno di adeguata riserva d'acqua sempre garantita e comunque proporzionale allo spessore della stratigrafia sovrastante;
- tessuto divisorio: per dividere permanentemente lo strato drenante e di accumulo dell'acqua dallo strato di coltivo;
- terriccio alleggerito permanente: con fattore di compattazione basso e con scarsa o nulla presenza di particelle fini;
- l'altezza totale della stratigrafia: deve essere studiata e proporzionata in funzione alla tipologia di verde che si intende realizzare (verde estensivo, verde intensivo, ecc.).

4. In linea di massima gli interventi di manutenzione ed agronomici di un giardino pensile non sono dissimili da quelli adottati per il verde in piena terra. In aggiunta occorre però prevedere interventi di manutenzione specialistica rivolti agli elementi tecnici che compongono gli impianti di drenaggio e di irrigazione.

Articolo 63 - Il verde per parcheggi

1. Oltre alla documentazione richiesta all'articolo 52 (elaborati progettuali), in caso di realizzazione di parcheggi pubblici o di pertinenza di strutture ricettive o commerciali il progetto deve rispettare le seguenti prescrizioni nonché le ulteriori prescrizioni di P.R.G..

Superfici e distanze

La superficie da destinare a verde deve essere pari almeno al 30% dell'area complessiva occupata dal parcheggio ad esclusione delle piazze auliche del centro storico cittadino o per particolari progetti architettonici che prevedano soluzioni alternative per l'ombreggiamento comunque approvate dalla C.A.V..

Per ogni pianta dovrà essere garantita una superficie libera protetta in terra, prato o tappezzanti adeguata al suo sviluppo e non inferiore alle prescrizioni riportate negli articoli 28 e 29.

Dovrà inoltre essere prevista una pavimentazione permeabile, intorno ad ogni albero, su di una superficie pari almeno alla superficie libera minima sopra indicata. Le alberate dovranno essere distribuite in maniera tale da fornire un razionale ombreggiamento agli automezzi in sosta. La superficie libera e il fusto delle piante dovranno essere adeguatamente protette dal calpestio e dagli urti.

La dimensione degli alberi di nuovo impianto non potrà essere inferiore a cm 20-25 di circonferenza con altezza di m 5,5-6 per le specie di prima grandezza, di m 4-4,50 per quelle di seconda grandezza e di m 3-3,50 per quelle di terza grandezza.

La chioma dovrà presentarsi omogenea ed armonica, esente da capitozzature e ferite. In caso di mancato attecchimento il proprietario è tenuto ad effettuare la sostituzione nella prima stagione vegetativa idonea al piantamento.

Parcheggi sotterranei

I parcheggi sotterranei realizzati sotto aree verdi conformemente ai disposti normativi del P.R.G., non possono in ogni caso interessare superfici alberate e devono essere collocati a distanza dal fusto degli esemplari presenti non inferiore a quelle di cui all'articolo 32. Tale distanza si riferisce a quella del filo

di scavo e non del manufatto da realizzare. Le entrate e le uscite devono essere comunque collocate al di fuori dell'area verde interessata. Eventuali deroghe dovranno essere approvate a livello del progetto preliminare dal Consiglio Comunale.

Specie da escludere e da privilegiare e tipologie di impianto nelle aree destinate a parcheggio

Nella scelta progettuale occorre privilegiare alberi con le seguenti caratteristiche:

- resistenza del legno;
- chioma folta e ombrosa;
- fogliame caduco, fattore particolarmente positivo nei nostri climi a inverno rigido;
- buona reattività alla potatura;
- assenza di frutti voluminosi, pesanti o maleodoranti;
- assenza di frutti eduli¹⁸ che attirino stagionalmente gli uccelli, con conseguenti fastidiose deiezioni;
- scarsa attitudine alle infestazioni da afidi, agenti di ricadute vischiose e imbrattanti (melate);
- assenza di spine.

Sono viceversa sconsigliabili le conifere in genere (Pinus, Cedrus, Chamaecyparis, Cryptomeria, Abies, Cupressus), il Populus pyramidalis, la Quercus pyramidalis ecc. in quanto poco adatte al clima locale, con portamento non consono alle aree di parcheggio, con scarsa capacità ombreggiante o con scarsa resistenza del legno.

La scelta delle soluzioni progettuali dovrà essere finalizzata alla riduzione dell'impatto ambientale e all'ottimizzazione del rapporto tra funzionalità e inserimento paesaggistico. A tal fine, oltre all'impianto delle alberate, dovrà essere prevista la copertura della massima superficie di terreno possibile con arbusti e/o specie erbacee tappezzanti.

Dovrà inoltre essere valutato attentamente l'orientamento dei posti auto in relazione ai punti cardinali e quindi la migliore disposizione degli alberi in funzione dell'ombreggiamento.

In caso di realizzazione di parcheggio o ristrutturazione a parcheggio di aree ricavate in spazi angusti e densamente urbanizzati, la superficie a verde dovrà essere, in toto o in parte, recuperata attraverso la previsione di verde pensile e/o verticale (uso di piante rampicanti).

Articolo 64 - Viali alberati

Nel caso della realizzazione di nuove strade dovrà essere prevista una qualificata dotazione di verde, essenzialmente mediante la costituzione di filari arborei.

A) Criteri progettuali e gestionali

I filari di piante arboree che costituiscono i viali alberati, anche se disetanei e a composizione specifica mista, sono elementi unitari e come tali devono essere considerati non soltanto dal punto di vista progettuale ma anche nella loro successiva gestione.

Oltre alla documentazione prevista all'articolo 52 (elaborati progettuali), il progetto relativo alla realizzazione di un nuovo viale alberato dovrà essere accompagnato da una relazione (elaborata da un agronomo, forestale, architetto paesaggista o esperto in progettazione del verde) attestante la possibilità tecnica di eseguire interventi manutentivi, ordinari o straordinari, alle utenze previste senza che ciò possa arrecare alcun danno alla vegetazione esistente o a quella di progetto.

Qualora queste condizioni non sussistano, si potrà decidere di dotare di alberata solo uno dei lati stradali

¹⁸ Si dice di prodotti naturali, quali funghi, bacche e simili, idonei all'alimentazione umana o animale in genere.

riservando l'altro alla posa delle utenze stesse. In tali casi, lungo i viali con asse Est-Ovest dovrà essere privilegiato l'impianto sul lato Sud per consentire un maggiore ombreggiamento, mentre lungo i viali con asse Nord-Sud, l'impianto sul lato Est per ridurre i pericoli di schianto sulla carreggiata causati dai venti che spirano prevalentemente da Nord-Ovest.

La scelta della specie dovrà orientarsi su quelle dotate di maggior robustezza e solidità strutturale e resistenza alle malattie, evitando l'uso di quelle a legno tenero o apparato radicale superficiale a maggior rischio di schianto o danneggiamento dovuto ad urti o compattazione del suolo.

Occorre inoltre favorire la diversificazione delle specie nella realizzazione di viali all'interno del medesimo comprensorio al fine di ottenere una maggiore stabilità biologica e quindi una minore incidenza di malattie e parassiti.

B) Ingombri e superfici a disposizione

In funzione della larghezza del marciapiede si dovrà determinare il tipo di alberata in base alla seguente articolazione:

- | | |
|---|-----------------------------|
| a) per marciapiedi di larghezza inferiore a 3 m: | alberi di terza grandezza |
| b) per marciapiedi di larghezza compresa tra 3,1 e 4,0 m: | alberi di seconda grandezza |
| c) per marciapiedi di larghezza superiore a 4,0 m: | alberi di prima grandezza |

Per ogni pianta dovrà essere garantita una superficie libera adeguata al suo sviluppo, non inferiore a quelle riportate negli articoli 28e 29.

Nei casi in cui sul suolo pubblico non sia reperibile lo spazio minimo sopra indicato, e quando l'alberata rivesta un'importanza paesaggistica notevole, si potrà prevedere l'impianto di alberi sulla proprietà privata confinante con la strada, da attuarsi attraverso la stipulazione di una convenzione tra Amministrazione Comunale e soggetti privati.

C) Realizzazione di banchine alberate

Nel caso di realizzazione di nuove banchine alberate con aree di sosta, con fermate del trasporto pubblico, con nuove piste ciclabili, è possibile derogare alle norme del presente Regolamento soltanto nei casi espressamente previsti da normativa vigente in merito alla circolazione stradale o all'accessibilità dei disabili e comunque dietro specifico parere vincolante del Settore Gestione Verde (o S.S.D.).

Sono viceversa sconsigliabili le conifere in genere (Pinus, Cedrus, Chamaecyparis, Cryptomeria, Abies, Cupressus), il Populus pyramidalis, la Quercus pyramidalis ecc. in quanto poco adatte al clima locale, con portamento non consono alle aree di parcheggio, con scarsa capacità ombreggiante o con scarsa resistenza del legno.

La scelta delle soluzioni progettuali dovrà essere finalizzata alla riduzione dell'impatto ambientale e all'ottimizzazione del rapporto tra funzionalità e inserimento paesaggistico. A tal fine, oltre all'impianto delle alberate, dovrà essere prevista la copertura della massima superficie di terreno possibile con arbusti e/o specie erbacee tappezzanti.

Dovrà inoltre essere valutato attentamente l'orientamento dei posti auto in relazione ai punti cardinali e quindi la migliore disposizione degli alberi in funzione dell'ombreggiamento.

In caso di realizzazione di parcheggio o ristrutturazione a parcheggio di aree ricavate in spazi angusti e densamente urbanizzati, la superficie a verde dovrà essere, in toto o in parte, recuperata attraverso la previsione di verde pensile e/o verticale (uso di piante rampicanti).

Articolo 65 - Criteri per la progettazione e l'allestimento di parchi e aree gioco

1. Per la progettazione e l'allestimento di parchi e aree gioco di nuova costruzione o destinate a

modifiche, miglioramenti, ricostruzione occorre far riferimento alla normativa attualmente esistente elaborata dall'Ente Italiano di Unificazione¹⁹ in attuazione delle direttive europee ed alle indicazioni espresse dal Piano Strategico per le Aree Gioco della Città di Torino.

2. Obiettivo di tale normativa è quello di aumentare la sicurezza di tali spazi in termini di attrezzature installate e incentivare la costruzione di aree di dimensioni adeguate e facilmente accessibili dalle zone abitative.

3. Obiettivo del Piano è quello di identificare le aree della città più idonee alla realizzazione di aree gioco e le tipologie ludiche più opportune in funzione dei parametri identificati.

4. I criteri da seguire nella progettazione delle aree gioco sono i seguenti:

- adeguato ombreggiamento delle aree destinate a gioco o delle aree destinate a fruizione intensa;
- installazione di opportuna segnaletica informativa sull'entrata/e dell'area gioco;
- facile e sicura raggiungibilità;
- sicura accessibilità;
- adeguato posizionamento e orientamento;
- dimensionamento complessivo come da tabella E (tabella orientativa);
- formazione di spazi definiti mediante l'utilizzo di arbusti, alberi, erbacee, muri, ecc.;
- formazione di aree o spazi per lo sviluppo dei sensi e della motricità mediante l'utilizzo di materiali naturali;
- creazione di aree o spazi di mobilità per gli adolescenti e pre-adolescenti (esempio spazi per il gioco libero o aree per pattinaggio, pallavolo, ecc.);
- creazione all'interno dell'area gioco di aree o spazi di ritiro;
- creazione di aree di incontro per incentivare la socializzazione;
- presenza di fontanella con acqua potabile;
- presenza di servizi igienici (almeno nelle aree di maggiori dimensioni);
- salvaguardia della sicurezza in ogni fase di progettazione, realizzazione e manutenzione dell'area mediante certificazione di tutte le attrezzature gioco e le pavimentazioni di sicurezza, così come previsto dalle norme UNI EN 1176 - 1177;
- utilizzo di pavimentazioni di facile manutenzione (erba sintetica, gomma, autobloccanti, ecc.), anche nelle zone esterne all'area di sicurezza delle attrezzature.

5. Nel caso in cui un'area gioco proposta nell'ambito di un P.E.C. (Piano di Edilizia Convenzionata) non venga dichiarata necessaria, il progettista può proporre di migliorare, integrare, ingrandire un'area gioco limitrofa all'area interessata dalla nuova realizzazione a verde.

Tabella E: dimensioni orientative dell'area gioco²⁰

Tipologia dello spazio verde	Dimensioni dello spazio verde (mq)	Dimensioni dell'area gioco (mq)
giardino di isolato	fino a 1.000 mq	non inferiore a 350 mq

¹⁹ In particolare occorre far riferimento alla norma UNI EN 11123: "Guida alla progettazione dei parchi e delle aree da gioco all'aperto"; alla norma UNI EN 1176: "Attrezzature per aree gioco - Requisiti..."; alla norma UNI EN 1177: Rivestimenti di superfici di aree da gioco ad assorbimento di impatto - Requisiti di sicurezza e metodi di prova".

²⁰ Le indicazioni delle superfici degli spazi verdi e delle aree gioco sono orientative; esse dovrebbero riferirsi in primo luogo alla densità abitativa dei quartieri vicini, alla tipologia degli edifici, ecc..

giardino di quartiere	da 1.000 a 5.000 mq	non inferiore a 500 mq
parco di circoscrizione/decentramento	da 5.000 a 10.000 mq	non inferiore a 750 mq (*)
parco urbano	maggiore di 10.000 mq	non inferiore a 1.000 mq (**)

(*) Possibile presenza di più aree gioco all'interno dello stesso spazio verde.

(**) Possibile presenza di più aree gioco all'interno dello stesso spazio verde e/o piastre polivalenti.

Articolo 66 - Impianto di irrigazione

1. Generalmente deve sempre essere previsto, salvo indicazione contraria da parte degli Uffici del Verde Pubblico. In particolare, occorre prevedere la realizzazione di un impianto di irrigazione su tutte le aree verdi realizzate al di sopra di una soletta (parcheggi pertinenziali, sottopassaggi stradali o ferroviari ecc.). Nella scelta delle varie tipologie di impianto (irrigazione a pioggia, a goccia, subirrigazione, irrigazione ad allagamento radicale) occorrerà tenere presenti sia le caratteristiche varietali delle essenze poste a dimora che le caratteristiche pedologiche del substrato di coltivazione. Occorrerà porre inoltre la massima attenzione a realizzare un impianto con caratteristiche di massima uniformità di precipitazione in modo da non vanificarne le prestazioni e in modo da ottenere un risparmio nei consumi idrici. L'impianto dovrà essere progettato in modo da consentire il bagnamento delle sole aree a verde evitando nel modo più assoluto la fuoriuscita di acqua nelle zone di transito, sia esso pedonale che viabile; occorrerà in particolar modo porre attenzione, nel corso della progettazione di impianti di irrigazione in aree quali banchine stradali, rotatorie, ecc., al problema della fuoriuscita di acqua sul sedime stradale per il rischio di incidenti (utilizzo di irrigatori dotati di sistemi atti a diminuire la fuoriuscita di acqua in caso di rottura e in materiale non deteriorabile da roditori).
2. Su aree verdi di elevate dimensioni ed in particolare su quelle realizzate su soletta, dovrà essere adottato un sistema di gestione dell'impianto di irrigazione di tipo centralizzato compatibile con quello utilizzato dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.) per consentire il controllo a distanza della funzionalità dell'impianto, il remotaggio dei comandi e, tramite l'utilizzo di una stazione meteo, un'ottimizzazione dei tempi di irrigazione con conseguente risparmio dei consumi idrici.
3. Per quanto possibile occorrerà tendere ad una standardizzazione nella tipologia dei materiali presenti negli impianti di irrigazione di nuova realizzazione per evitare l'onere derivante dalla necessità di costituire un magazzino di pezzi di ricambio necessario per il mantenimento in efficienza degli impianti stessi.
4. Ogni impianto di irrigazione, realizzato nell'ambito di progetti P.E.C. (Piani di Edilizia Convenzionata), P.R.U. (Piani di Recupero Urbano), Pertinenziali ecc., dovrà essere dotato di allacciamenti idrici, elettrici e telefonici esclusivamente dedicati ad esso ed intestati a carico della Città e dovrà privilegiare la realizzazione di bacini per l'approvvigionamento tramite captazione da cisterna di raccolta di acque piovane. Nel caso non sia possibile per la realizzazione di impianti a gestione centralizzata il cablaggio con linee telefoniche dedicate, occorrerà ricorrere all'utilizzo di modem GSM.
5. Se nel corso della realizzazione di nuovi progetti di aree verdi si riscontrasse la necessità di installazione di fontanelle, occorrerà che esse siano dotate di un punto di fornitura idrico svincolato da quello dell'impianto di irrigazione. Si dovrà adottare la procedura a suo tempo stilata dal Settore Ponti e Vie d'Acqua in modo che le stesse siano inserite nella convenzione attualmente in essere con la S.M.A.T. per il controllo e la manutenzione.
6. Per rendere possibile la presa in carico da parte del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) di un

impianto, dovranno obbligatoriamente essere forniti:

- 1) disegno esecutivo (*ex built*) dell'impianto realizzato, recante l'identificativo numerico ed il calcolo delle portate unitarie dei settori;
- 2) un progetto, le certificazioni e le misure riguardanti l'impianto elettrico e l'impianto di terra secondo quanto previsto dalla Legge n. 46 del 1990 ²¹ ed eventuali s.m.i.;
7. Ogni impianto di irrigazione dovrà essere progettato o realizzato seguendo le indicazioni contenute nella normativa di riferimento UNI EN 12484 ²² nei capitoli 1-2-3-4.

Articolo 67 - Identità visiva dei parchi e arredi

Segnaletica

Al fine di poter dotare di omogenea segnaletica e di favorire una maggior conoscenza e fruizione da parte dei cittadini dei grandi parchi esistenti, il Comune di Torino ha approvato nel 2002 un progetto grafico finalizzato alla realizzazione di manufatti per raggiungere la cosiddetta "identità visiva nei parchi" consistente in cinque diverse tipologie di supporti grafici: tre per contenuti informativi sulla realtà dell'area verde in cui il cartello stesso viene inserito, due per indicazioni di tipo direzionale ²³.

Tale progetto, volto ad individuare una tipologia di cartellonistica chiara ed omogenea da utilizzare come prototipo per i grandi parchi, è stato successivamente esteso e applicato per l'elaborazione dei cartelli da installare anche in giardini, aree verdi ed aree gioco della nostra città.

Pertanto, qualsiasi progetto o singolo intervento che preveda la modifica, la sostituzione o l'inserimento di nuova cartellonistica in parchi, giardini, aree verdi e aree gioco comunali deve far riferimento e seguire le norme tipologiche di cartellonistica scelte e progettate dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.).

Arredi

Gli arredi da collocarsi all'interno di nuovi parchi (panchine, fioriere, cestini porta rifiuti, dissuasori di traffico, staccionate, gazebo, ecc.) devono conformarsi alle tipologie esistenti ed utilizzate dalla Città di Torino secondo le linee guida definite dai Settori Gestione Verde (o S.S.D.) ed Arredo e Immagine Urbana (o S.S.D.).

²¹ Legge del 5 marzo 1990 n. 46. "Norme per la sicurezza degli impianti".

²² UNI EN 12484: "Tecniche di irrigazione. Sistemi di irrigazione automatica da prato". Sono fatte salve eventuali s.m.i..

²³ In particolare si tratta di: un portale, una stele in legno, una stele in metallo, un cartello indicatore su due pali a sviluppo prevalente orizzontale, un cartello indicatore monopalo a sviluppo prevalente verticale. Tutte le tipologie ammettono contenuti grafici sia sul retro, sia sul verso.

CAPITOLO QUINTO: DIFESA FITOSANITARIA

TITOLO I: NORME PER LA DIFESA FITOSANITARIA

Articolo 68 - Generalità

1. Per intervento fitosanitario in ambito urbano è da intendersi ogni trattamento effettuato con fitofarmaci sia in ambito pubblico che privato, avente come scopo la lotta alle malattie ed avversità delle piante. Tali trattamenti sono finalizzati a prevenire e curare le fitopatie e hanno lo scopo di migliorare le condizioni di vita delle piante affinché esplicino in maniera ottimale la loro funzione ecologica ed ornamentale.

Articolo 69 - Criterio della prevenzione

1. Allo scopo di salvaguardare il patrimonio verde è fatto obbligo di prevenire, in base alla normativa vigente e in specie all'articolo 500²⁴ del Codice Penale (diffusione delle malattie delle piante o degli animali), la diffusione delle principali malattie e dei parassiti animali e vegetali che possono diffondersi nell'ambiente e creare danni al verde pubblico e/o privato.

2. Fra le metodologie di lotta dovranno essere privilegiate le misure di tipo preventivo, volte a diminuire al massimo le condizioni di stress per le piante, migliorandone le condizioni di vita.

3. La prevenzione dovrà essere attuata attraverso:

- a) la scelta di specie adatte all'ambiente climatico locale, al sito e all'effettivo spazio disponibile;
- b) l'impiego di piante sane, esenti da qualsiasi tipo di trauma;
- c) la difesa delle piante da danneggiamenti di varia natura;
- d) l'adeguata preparazione dei siti di impianto;
- e) il rispetto delle aree di pertinenza indicate dal presente Regolamento (vedi articolo 28) e la protezione delle stesse da calpestio, ecc.;

4. Tali indicazioni pongono l'accento sulla necessità di creare le migliori condizioni di partenza per assicurare alla pianta un regolare sviluppo, favorendo la capacità della pianta stessa di potenziare le proprie difese naturali e renderla maggiormente in grado di far fronte ad eventuali attacchi parassitari o condizioni avverse.

Articolo 70 - Salvaguardia fitosanitaria

1. Per ciò che riguarda tutti i nuovi impianti arborei arbustivi ed erbacei (inseriti in lavori di ordinaria e straordinaria manutenzione, nuove realizzazioni e/o sostituzioni a fallanze) è indispensabile produrre all'atto della fornitura del materiale dichiarazione certificativa dell'esenza da malattie/patologie al momento accertate, per specie (vedi cancro colorato: *Platanus*, ecc.), se necessario, sarà cura del fornitore produrre copia del passaporto fitosanitario, pena la recessione contrattuale.

2. Nel caso la morte dei soggetti arborei sopraggiunga a distanza di un anno solare dalla data dell'impianto e, dall'analisi fitosanitaria effettuata risulti che ciò è dovuto non ad incuria bensì a patologia, la stazione appaltante si riserva di interagire sulla polizza fidejussoria precedentemente stipulata dall'azienda vincitrice dell'appalto in quanto assicurazione formale dell'impianto.

a) In caso di pericolo di diffusione delle patologie o attacchi parassitari di particolare gravità in spazi

²⁴ Cita l'art 500 del Codice Penale - *Diffusione di una malattia delle piante o degli animali*: "Chiunque cagiona la diffusione di una malattia alle piante o agli animali, pericolosa all'economia rurale o forestale, ovvero al patrimonio zootecnico della nazione, e' punito con la reclusione da uno a cinque anni".

verdi di proprietà pubblica o comunque di proprietà di terzi, fermo restando quanto previsto dalla vigente normativa fitosanitaria, l'Amministrazione Comunale potrà, con apposita ordinanza sindacale, imporre l'esecuzione di specifici interventi fitosanitari, l'abbattimento delle piante affette da fitopatie o traumi irreversibili, con onere a carico del proprietario.

- b) I proprietari o i gestori di aree verdi sono tenuti ad effettuare, avvalendosi se del caso dell'opera professionale di un Dottore Agronomo o Forestale, periodici controlli delle condizioni di salute e della stabilità meccanica delle piante che si trovano nei terreni di loro pertinenza, al fine di provvedere tempestivamente alle cure fitoiatriche necessarie o all'eventuale richiesta di abbattimento delle piante, prevenendo così possibili situazioni di pericolo verso se stessi o terzi. Tali controlli non esimono, però, dagli adempimenti relativi all'applicazione di specifiche norme legislative in materia fitosanitaria.
- c) I trattamenti contro parassiti, patogeni e infestanti devono essere realizzati preferibilmente ricorrendo a criteri culturali,²⁵ alla lotta biologica²⁶ o a sostanze chimiche di bassa o nulla tossicità sull'uomo, sulla fauna e sulla flora selvatica. I trattamenti chimici devono essere possibilmente eseguiti in base ai principi della lotta integrata, evitando il più possibile la lotta a calendario²⁷ e ricorrendo, quando possibile, all'endoterapia²⁸. Le concimazioni devono essere eseguite di preferenza con sostanze, quantità e modalità di spargimento tali da non produrre inquinamento diretto o indiretto nel suolo e delle acque²⁹.

Articolo 71 - Misure di lotta obbligatoria

1. Gli interventi di lotta obbligatoria sono attualmente istituiti dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali con appositi Decreti. Esse si attuano con attività di:
 - intensa sorveglianza del territorio al fine di individuare tempestivamente la comparsa dell'organismo nocivo;
 - imposizione di interventi specifici di lotta al fine di tentarne l'eradicazione o ottenerne il contenimento.
2. Le lotte antiparassitarie obbligatorie per le piante ornamentali, attualmente riguardano le seguenti patologie:
 - cancro colorato del platano (agente patogeno: *Ceratocystis fimbriata*);
 - colpo di fuoco batterico (agente patogeno: *Erwinia amylovora*);
 - processionaria del pino (agente patogeno: *Thaumetopoea pityocampa*).
3. Tali lotte si attuano in base alle modalità previste dalla normativa nazionale vigente e dal Servizio Fitosanitario Regionale.

Articolo 72 - Lotta obbligatoria contro il cancro colorato del platano

1. La lotta obbligatoria al cancro colorato del platano, considerato che al momento risulta la malattia

²⁵ Eliminazione fisica (meccanica o manuale) dei parassiti e patogeni o creazione di condizioni ostili al loro sviluppo.

²⁶ Ricorrendo a organismi viventi predatori o parassiti come il *Bacillus thuringiensis*, efficace contro larve di lepidotteri defogliatori e di zanzare.

²⁷ Ovvero il ricorso a trattamenti chimici periodici, da effettuare a prescindere dall'effettiva presenza del patogeno o del parassita.

²⁸ Endoterapia: la somministrazione dei prodotti fitosanitari internamente alla pianta mediante iniezioni "fitosanitarie endoterapiche" con prodotti sistemici, ossia trasportabili dalla pianta all'interno dei vasi linfatici.

²⁹ Ad es, preferire l'uso di concimi a lenta cessione di azoto per limitare l'inquinamento delle falde sotterranee.

più grave presente sul territorio cittadino, viene realizzata in applicazione di quanto previsto dal Decreto Ministeriale del 17 aprile 1998: "Disposizioni sulla lotta obbligatoria contro il cancro colorato del platano" (vedi allegato n. 12) e s.m.i., dalla relativa circolare applicativa³⁰ (vedi allegato n. 12), nonché dalle norme tecniche emanate dal Settore Fitosanitario Regionale.

Articolo 73 - Lotta obbligatoria contro il colpo di fuoco batterico

1. La lotta obbligatoria contro il colpo di fuoco batterico viene realizzata in applicazione di quanto previsto dal Decreto Ministeriale del 10 settembre 1999, n. 356 "Regolamento recante misure per la lotta obbligatoria contro il colpo di fuoco batterico (*Erwinia amylovora*), nel territorio della Repubblica" (in allegato n.12) e s.m.i..

Articolo 74 - Lotta obbligatoria contro la processionaria del pino

1. La lotta obbligatoria contro la processionaria del pino deve essere effettuata in applicazione di quanto previsto dal Decreto Ministeriale del 17 aprile 1998, n. 356 "Disposizioni sulla lotta obbligatoria contro la processionaria del pino *Traumatocampa pityocampa*" (vedi allegato n.12).

Articolo 75 - Lotta alla Cameraria ohridella

1. La Cameraria ohridella è un micro-lepidottero che aggredisce le piante di ippocastano provocando la caduta anticipata delle foglie in estate ed alterando l'equilibrio fisico-chimico delle piante. Il danno provocato dall'insetto è ovvio in quanto la caduta delle foglie, oltre ad alterare l'equilibrio della pianta, provoca problemi nutrizionali anche se parrebbe non portare la pianta alla morte.

2. Le tecniche utilizzate consistono in micro-iniezioni al fusto con prodotti insetticidi specifici che consentono un assorbimento rapido da parte della pianta, eliminando completamente il rischio di una diffusione del prodotto nell'ambiente.

3. Per esemplari isolati posti all'interno di proprietà private o pubbliche recintate può valere il ricorso a interventi fitoiatrici tradizionali mediante irrorazione di prodotti quali Imidacloprid, Abamectina, Acephate sulla chioma. In tutti i casi l'intervento deve essere eseguito dopo la fioritura per evitare danni alla entomofauna protetta (*Apis mellifera*).

Articolo 76 - Interventi contro gli insetti pericolosi e fastidiosi

1. Un numero molto limitato di insetti, oltre ad attaccare in modo più o meno grave le piante ornamentali, è anche in grado di arrecare direttamente danni alle persone, in genere mediante punture o presenza di peli urticanti. I più importanti sono: tingide (*Corythuca ciliata*), metcalfa (*Metcalfa pruinosa*), processionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*), processionaria della quercia (*Thaumetopoea processionea*), limantria (*Lymantria dispar*), euproctis (*Euproctis chrysorrhoea*), ifantria americana (*Hyphantria cunea*), litosia (*Litosia caneola*), vespe (*Vespa vulgaris*) e calabroni (*Vespa crabro*), betilide (*Scleroderma domesticum*), ecc..

2. Per tutte queste specie vanno seguiti alcuni semplici accorgimenti di carattere generale:

- evitare ogni contatto diretto con questi insetti (ad es. raccogliarli o toccarli con le mani), soprattutto nel caso dei bambini;
- le specie più pericolose (quali, ad esempio: processionaria del pino, limantria, euproctis, vespe e

³⁰ Circolare applicativa del D.M. 17 aprile 1998 concernente le note tecniche per la salvaguardia del platano dal cancro colorato (*Ceratocystis fimbriata*).

calabroni) vivono tutte in gruppi numerosi entro particolari strutture protettive (nidi), perciò, una volta accertata la presenza di queste specie, sarà necessario provvedere in tempi brevi all'asportazione e alla distruzione dei nidi, che dovrà essere effettuata da personale specializzato.

3. Come metodo di lotta contro la diffusione della zanzara tigre è importante che siano evitati tutti i ristagni di acqua in giardini, terrazze e balconi, come reso noto dalle informative comunali a riguardo. Occorre inoltre far riferimento alle indicazioni delle ASL.

Articolo 77 - Impiego di prodotti fitosanitari

1. Nelle azioni di difesa fitosanitaria, allo scopo di salvaguardare la salute pubblica, è fatto obbligo di utilizzare prodotti organici naturali, comunemente usati nei sistemi di lotta biologica; quando tale metodica d'intervento non è possibile, devono essere preferibilmente usati fitofarmaci di minore impatto ambientale, nel pieno e rigoroso rispetto delle norme di legge e regolamentari in materia di preparazione, distribuzione e smaltimento dei fitofarmaci.

2. In caso di utilizzo di fitofarmaci si dovranno adottare principi attivi che rispondano ai seguenti criteri:

- efficacia nella protezione delle piante ornamentali;
- registrazione in etichetta per l'impiego su verde ornamentale e nei confronti delle avversità indicate;
- bassa tossicità per l'uomo e per gli animali;
- scarso impatto ambientale. In particolare, deve essere valutata la selettività nei confronti delle popolazioni di insetti utili;
- assenza di fitotossicità o di effetti collaterali per le piante oggetto del trattamento;
- rispetto delle normative vigenti in materia: D.P.R.3/8/1968 n. 1255; D.M. 6/3/1978; D.M. 31/8/1979; D.M. 20/7/1980; D.P.R. n. 223/88; D.Lgs. 194/95; D.P.R. n. 290/01 ed eventuali modifiche e successive integrazioni di ognuno di questi decreti.

3. Le dosi di impiego, l'epoca e le modalità di distribuzione dei prodotti dovranno essere tali da limitare la dispersione dei principi attivi nell'ambiente (macchine irroratrici efficienti, assenza di vento, ecc.).

4. E' opportuno, inoltre, delimitare con mezzi ben evidenti le zone di intervento, per prevenire l'accesso ai non addetti ai lavori ed effettuare i trattamenti, per quanto possibile, nelle ore di minore transito.

5. Gli Enti, gli uffici e/o i privati che decidono di effettuare trattamenti di questo tipo devono informare preventivamente e tempestivamente gli abitanti della zona interessata dagli eventuali trattamenti chimici o biologici.

6. Per il controllo di alcuni parassiti (come la Cameraria ohridella) in ambiente urbano si suggerisce l'utilizzo dell'endoterapia.

7. Tale metodo si basa sul principio per cui, introducendo una sostanza caratterizzata da proprietà sistemiche direttamente nel tronco e/o nelle radici superficiali questa, attraverso il sistema vascolare della pianta, si ridistribuisce nella chioma.

8. Questa metodologia di trattamento presenta alcuni vantaggi:

- una prolungata persistenza d'azione, che in molti casi permette di effettuare i trattamenti ad anni alterni;
- una riduzione delle dosi di applicazione dei fitofarmaci;
- una minore dispersione nell'ambiente, quindi un minore impatto ambientale.

9. La metodologia endoterapica attualmente in vigore prevede in genere due categorie differenti di applicazione:

- iniezione ad assorbimento naturale tramite infusione (flebo);
- iniezione a pressione, o micropressione, se il prodotto viene introdotto in maniera più o meno forzata all'interno del sistema vascolare dell'albero.

10. Nel caso siano utilizzati metodi di lotta biologica, insieme alla comunicazione dell'intervento dovranno essere fornite ai cittadini tutte le informazioni utili a conoscere l'organismo utilizzato e l'elenco dei prodotti chimici e delle pratiche agronomiche che, potendo interferire negativamente sull'attività dello stesso, dovranno essere vietate.

11. Il cittadino è tenuto a rispettare le prescrizioni che gli verranno fornite, qualunque trasgressione sarà debitamente sanzionata.

12. E' vietato, salvo specifica autorizzazione, l'utilizzo di fitofarmaci delle classi di rischio T+, T e Xn ³¹ (ex I e II classe tossicologica) all'interno del perimetro urbano (L.R 28/12/1989 n. 76 ³²). E' vietato, in linea generale, qualsiasi intervento antiparassitario nel periodo di fioritura, onde favorire l'attività degli insetti pronubi.

³¹ Vedi D.Lgs. 17 marzo 1995, numero 194, in attuazione della Direttiva 91/414 CEE in materia di immissione in commercio di prodotti fitosanitari.

³² Cita la L.R. n. 76 del 28/12/1989: Art. 1.: "Nelle aree pubbliche o aperte al pubblico, all'interno dei centri abitati, come delimitati dagli strumenti urbanistici vigenti è vietato l'uso dei fitofarmaci appartenenti alla 1a e 2a classe di tossicità, ai sensi della Legge 1255/68".

CAPITOLO SESTO: FRUIZIONE DEI PARCHI E DEI GIARDINI PUBBLICI

Articolo 78 - Finalità e ambito di applicazione

1. Le norme del presente Capitolo perseguono il fine di promuovere la funzione sociale, ricreativa e didattica che il verde assolve nell'ambito cittadino, garantendo a tutti gli utenti il godimento senza turbative degli spazi verdi e salvaguardando, nel contempo, l'ambiente dai danni economici ed ambientali che potrebbero derivare da un cattivo uso dello stesso.
2. Esse si applicano a tutte le aree a parco, giardino o verde pubblico di proprietà o in gestione all'Amministrazione Comunale, così come alle aree a verde pubblico in concessione a privati. Tali norme valgono altresì sulle aree verdi private aperte al pubblico sottoposte a convenzioni che possono nello specifico regolare le modalità di fruizione da parte dei cittadini.
3. L'Amministrazione Comunale si riserva, se necessario, di predisporre regolamenti specifici per l'utilizzo di singoli parchi e giardini (di cui al precedente paragrafo), come è avvenuto per il Parco del Valentino (vedi **allegato n. 13**), che non sono comunque sostitutivi ma integrativi del presente Regolamento.
4. L'Amministrazione Comunale incentiva la collaborazione dei cittadini, in forma singola ed associata, al fine di sviluppare, mediante l'opera gratuita degli stessi, attività di tutela e valorizzazione del verde pubblico, in funzione della fruibilità dello stesso da parte della collettività.
5. L'Amministrazione Comunale, nell'ambito delle norme regolanti la materia, si riserva la facoltà di stipulare convenzioni con organizzazioni ed associazioni, al fine di sviluppare attività di tutela e valorizzazione delle aree a verde di proprietà comunale.

Articolo 79 - Accesso ai parchi e giardini

1. Ai parchi, ai giardini e, in genere, a tutti gli spazi destinati a verde pubblico, disciplinati dal presente Regolamento è dato libero accesso al pubblico nell'arco delle 24 ore giornaliere, fatte salve diverse regolamentazioni e disposizioni. Tali spazi sono riservati al gioco libero, al riposo, allo studio, all'osservazione della natura e, più in generale, al tempo libero o ad attività sociali e/o ricreative.
2. I parchi e i giardini recintati, pubblici o di uso pubblico, sono aperti al pubblico secondo gli orari stabiliti da apposita determinazione dirigenziale ed indicati nei cartelli esposti ai rispettivi ingressi a cura dell'Amministrazione Comunale.
3. In particolare, per quanto riguarda i parchi storici, collinari ed i giardini di particolare pregio, al fine di disincentivare l'eventualità di atti vandalici e di disturbo alla quiete pubblica, la Città valuta l'opportunità di esporre, mediante apposita segnaletica, gli orari di apertura e chiusura degli stessi e di installare idonei dispositivi di chiusura dei cancelli nelle ore notturne (eventualmente affidando a terzi il compito di porre in essere tale operazione oltre alla loro riapertura) concertando le modalità di accesso con le forze dell'ordine e con eventuali proprietari privati aventi diritto di accesso.
4. Gli spazi verdi a corredo di servizi e strutture pubbliche sono accessibili e fruibili; ove vi siano dei limiti dettati da esigenze funzionali di servizio, l'Amministrazione Comunale, provvederà a nominare apposito custode scelto, anche eventualmente tra le realtà del volontariato, per garantire massimo sfruttamento e godimento dello spazio da parte della cittadinanza.
5. Il verde pubblico gestito dagli Enti od Associazioni in regime di convenzione con l'Amministrazione Comunale è accessibile secondo le norme e gli orari stabiliti dal concessionario in ottemperanza a quanto previsto nella convenzione.

Articolo 80 - Divieti comportamentali e divieti di utilizzo improprio degli spazi verdi

A) Divieti comportamentali

A titolo indicativo e non esclusivo, nelle aree verdi pubbliche sono vietati:

- a) il deposito o lo scarico di materiali di qualsiasi natura o consistenza se non specificatamente autorizzato;
- b) l'accatastamento di materiale infiammabile;
- c) l'abbandono dei rifiuti al di fuori dei contenitori di raccolta;
- d) l'impermeabilizzazione del suolo;
- e) gli scavi non autorizzati;
- f) il versamento di sali, acidi o sostanze dannose che possano inquinare il terreno, le fontane, corsi e raccolte d'acqua, fatti salvi gli interventi relativi al servizio sgombero neve;
- g) l'eliminazione, la distruzione, il danneggiamento, il taglio e qualsiasi azione che possa in altro modo minacciare l'esistenza di alberi e arbusti o parte di essi;
- h) il danneggiamento dell'apparato radicale dei fusti e della chioma delle piante e le legature con materiale non estensibile;
- i) danneggiare e imbrattare la segnaletica;
- j) danneggiare e imbrattare giochi o elementi di arredo;
- k) raccogliere e asportare fiori, bulbi, radici, semi, frutti, terriccio, muschio, erbacee annuali e perenni, strato superficiale di terreno;
- l) raccogliere ed asportare fossili, minerali e reperti archeologici;
- m) calpestare le aiuole fiorite;
- n) calpestare i siti erbosi ove sia espressamente vietato con determinazione dirigenziale o altro atto idoneo e con l'apposizione di apposita cartellonistica che indichi tale divieto;
- o) abbandonare, catturare, molestare o ferire intenzionalmente animali, nonché sottrarre uova e nidi;
- p) qualsiasi comportamento che possa ostacolare intenzionalmente la sicurezza, il benessere e lo svago di chiunque utilizzi le aree a verde pubblico;
- q) scavalcare transenne, ripari, steccati posti a protezione di strutture, piantagioni, prati, aiuole fiorite;
- r) circolare con veicoli a motore.

Ai trasgressori saranno applicate le sanzioni amministrative previste dall'articolo 87.

B) Divieti di utilizzo improprio degli spazi verdi

Oltre al rispetto di ulteriori divieti segnalati all'interno delle singole aree da apposita segnaletica, negli spazi a verde pubblico è tassativamente vietato:

- a) l'affissione sui tronchi degli alberi e sugli arbusti materiale di qualsiasi genere (volantini, manifesti, ecc.) ad esclusione delle targhe di riconoscimento botanico o numerico autorizzate;
- b) appendere agli alberi ed agli arbusti strutture di qualsiasi genere, compresi i cartelli segnaletici mediante l'uso di supporti metallici;
- c) mettere a dimora piante senza l'assenso degli Uffici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.);
- d) permettere ad un animale, in proprio affidamento, di cacciare, molestare o ferire un altro animale o persone e danneggiare alberi, siepi e aiuole;
- e) introdurre nuovi animali selvatici, senza l'assenso dell'Amministrazione Comunale o nutrire quelli presenti, salvo che negli eventuali spazi attrezzati;
- f) permettere ad un animale, in proprio affidamento, di imbrattare i viali e i giardini;

- g) permettere il pascolo non autorizzato di animali;
- h) campeggiare, pernottare senza la preventiva autorizzazione dell'Amministrazione Comunale;
- i) accendere fuochi senza la preventiva autorizzazione dell'Amministrazione Comunale.
Nei parchi in cui sono stati installati dall'Amministrazione dei barbecue entro apposite strutture delimitate, questi ultimi possono essere utilizzati ma devono essere comunque costantemente vigilati da persona adulta. L'utilizzo delle strutture viene regolato da apposita cartellonistica collocata nell'area;
- j) effettuare operazioni di pulizia o manutenzione di veicoli o parti di essi;
- k) svolgere qualsiasi attività commerciale o di pubblico intrattenimento senza specifica autorizzazione dell'Amministrazione Comunale;
- l) sono inoltre vietate tutte le attività, le manifestazioni non autorizzate ed i comportamenti che, seppure non espressamente richiamati dalle norme del presente Regolamento, possano recare danno al verde pubblico ed alle attrezzature ivi insistenti o turbino la quiete delle persone (vedi articolo 81 - Svolgimento di manifestazioni e attività);
- m) sporcare il suolo con rifiuti, avanzi o cibo o altro (per le sanzioni amministrative si vedano gli altri Regolamenti comunali esistenti in materia).

E' inoltre vietato sostare sotto alberi isolati o gruppi di piante in caso di bufere di vento, temporali e nevicate a causa della possibilità di caduta di rami o di fulmini.

Ai trasgressori saranno applicate le sanzioni amministrative previste dall'articolo 87.

Articolo 81 - Svolgimento di manifestazioni e attività

1. All'interno di parchi, giardini e aree verdi pubbliche è consentito lo svolgimento di manifestazioni a carattere ambientale, culturale e/o sportivo, ad esclusione di quelle di tipo motoristico o ciclomotoristico.

Sono consentite, inoltre, manifestazioni ed attività di spettacolo viaggiante, in conformità alla normativa vigente, per le quali l'Amministrazione ha già individuato luoghi e periodi di utilizzo.

2. Le installazioni esistenti dovranno essere annualmente autorizzate dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.) così come ogni loro variazione e le stesse dovranno osservare le prescrizioni del presente Regolamento.

3. In linea generale, è altresì consentito lo svolgimento di manifestazioni di carattere politico (feste di partito) da limitare ad una iniziativa per anno per ciascuna area verde o parco o giardino, allo scopo di non penalizzare la fruizione pubblica e non deteriorare le strutture vegetali e le attrezzature esistenti.

4. Ogni iniziativa e/o manifestazione dovrà essere preventivamente autorizzata dall'Amministrazione Comunale previo parere vincolante del Settore Gestione Verde (o S.S.D.).

5. Su richiesta di singoli cittadini, Enti (pubblici o privati), Società, Associazioni od anche singoli Gruppi, l'Amministrazione Comunale, previo parere vincolante del Settore Gestione Verde (o S.S.D.), può autorizzare lo svolgimento, nell'ambito delle predette aree verdi, delle seguenti iniziative:

- assemblee, esposizioni e mostre, rappresentazioni, festeggiamenti, parate, sfilate, spettacoli, comizi, attività sportive, socio-culturali e di vario tipo.
6. Per la realizzazione ed il conseguente svolgimento delle iniziative è consentito:
- l'ingresso di veicoli a motore se legati a manifestazioni autorizzate (carico e scarico materiali);
 - l'accesso a veicoli a motore è consentito con limitazioni di portata e di movimento (orario, sedimi pavimentati ecc.) come indicato dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.) nel parere vincolante;
 - l'ingresso dei veicoli dotati di propulsione non inquinante (elettrico, idrogeno) e utilizzati per il

- trasporto collettivo;
- l'installazione temporanea di attrezzature mobili di qualsiasi genere;
 - la messa a dimora di piante per iniziative didattico-culturali;
 - la raccolta di semi, frutti ed erbe selvatiche;
 - il prelievo di campioni vegetali per fini didattici (erbari), la posa in opera di nidi e mangiatoie artificiali e l'installazione di mezzi per il monitoraggio della fauna invertebrata;
 - l'esercizio di forme di commercio, ristorazione o altre attività produttive a carattere temporaneo o permanente;
 - l'utilizzo di immagini delle aree a verde pubblico per scopi commerciali, pubblicitari e cinematografici;
 - l'affissione di manifesti pubblicitari e qualsiasi altra stampa all'interno delle strutture appositamente realizzate;
7. Per la realizzazione e lo svolgimento di tali iniziative non è consentita l'occupazione o l'utilizzo o il danneggiamento, diretto o indiretto, di prati, tappeti erbosi, aiuole, alberate. In casi eccezionali, giustificati da motivi di sicurezza, pubblica incolumità o per manifestazioni di interesse strategico purché rientranti nelle manifestazioni autorizzabili ai sensi dell'articolo 80, con l'esclusione dei parchi e giardini storici elencati nel Regolamento stesso, la Giunta Comunale può autorizzare, previa comunicazione alla Commissione Consiliare competente, che esprime parere non vincolante, con apposito provvedimento deliberativo, eventuali deroghe a tale comma, in subordine al completo ripristino e miglioramento dei siti interessati secondo le prescrizioni tecniche fornite dal Settore Gestione Verde (o sua successiva denominazione). Per le manifestazioni che si svolgono su aree in carico alle Circoscrizioni, queste ultime, previa consultazione della Giunta Circoscrizionale a firma del Presidente, devono esprimere parere vincolante entro cinque giorni dal ricevimento della richiesta.
8. I richiedenti l'utilizzo di tali aree, per ottenere il rilascio delle relative autorizzazioni, dovranno presentare, all'Ufficio competente in materia di occupazione di suolo pubblico, almeno 30 giorni prima della data stabilita per lo svolgimento dell'iniziativa, istanza in competente bollo (se ed in quanto dovuto), accompagnata da un progetto debitamente quotato, particolareggiato e descrittivo. Il Settore Gestione del Verde (o S.S.D.), esaminata la documentazione, rilascerà il relativo parere tecnico vincolante.
9. Il rilascio dell'autorizzazione comporta l'obbligo, a carico dell'utilizzatore autorizzato, di agire con la diligenza richiesta dalla natura dell'attività esercitata al fine di prevenire qualsiasi danno all'ambiente ma anche per la tutela della quiete pubblica e comporta l'obbligo di totale ripristino dello spazio occupato.
10. Sono a carico dei titolari delle autorizzazioni tutte le spese occorrenti per le operazioni inerenti l'organizzazione dell'iniziativa, la completa pulizia dell'area che dovrà avvenire, obbligatoriamente, al termine della manifestazione autorizzata ed entro il termine, perentorio, che sarà riportato nel provvedimento di autorizzazione, ed in assenza entro le 24 ore successive.
11. A garanzia degli obblighi suddetti (ripristino e pulizia dell'area), il titolare dell'autorizzazione dovrà presentare polizza fidejussoria di importo di volta in volta stabilito dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.) in funzione della tipologia e dimensione della manifestazione. L'importo della cauzione è determinato in base a parametri tecnico-agronomici.
12. Il concessionario dovrà provvedere al versamento della cauzione mediante fidejussione bancaria o polizza fidejussoria, rilasciata da Società di Assicurazione in possesso dei requisiti richiesti dalla Legge 10/6/1982, n. 348, ai sensi dell'articolo 14 del vigente Capitolato Generale degli Appalti

Municipali. La cauzione dovrà essere consegnata all'Ufficio preposto del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) prima dell'inizio dell'occupazione dell'area.

13. La cauzione sarà svincolata dopo che i tecnici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) avranno eseguito un sopralluogo di verifica sull'area interessata dall'evento senza riscontrare danni al patrimonio pubblico.

14. Nel caso in cui il concessionario non proceda al ripristino dovuto, previa messa in mora dello stesso, l'Amministrazione potrà, di pieno diritto, senza formalità di sorta, con diritto al risarcimento degli eventuali danni, procedere all'incameramento della cauzione.

15. I rifiuti di qualsiasi genere, compreso eventuali residui alimentari caduti al suolo, dovranno essere differenziati secondo la loro natura e raccolti ed immessi negli appositi contenitori che possono essere direttamente richiesti e forniti dall'Azienda cittadina preposta o che sono situati ai margini della strada, il tutto nel rispetto delle norme che regolano l'utilizzo degli stessi, salvo diverse indicazioni fornite dagli Uffici comunali competenti in materia di rifiuti. Non è ammesso il deposito di rifiuti (anche se contenuti in appositi sacchetti) presso i cestini presenti nei parchi.

16. Tutte le iniziative, organizzate da privati che si svolgono su area pubblica, non potranno in alcun modo escludere od ostacolare l'utilizzo della stessa area, zona e relative strutture ad altri cittadini.

17. Il Comune non concederà l'autorizzazione o potrà porre delle limitazioni alla concessione dell'area a verde pubblico per la tenuta di eventi privati in caso di lavori in corso, problemi di ordine pubblico, problemi inerenti la sicurezza, l'immagine della Città, l'entità dell'evento, il grado di utilizzo dell'area interessata e quant'altro dovesse essere ritenuto non idoneo a tale scopo.

18. Nel caso di più richieste di utilizzo della stessa area, il Settore Gestione Verde (o S.S.D.) emetterà il proprio parere tecnico vincolante circa il numero di attività e/o manifestazioni che possono svolgersi nel corso dell'anno.

19. L'autorizzazione rilasciata dal Comune dovrà essere esibita a richiesta, agli addetti appartenenti agli Organi preposti al controllo e alla sorveglianza.

20. Il titolare dell'autorizzazione, che si sia reso responsabile di gravi inadempimenti, non potrà ottenere il rilascio di altra autorizzazione per manifestazioni varie per un periodo di almeno 24 mesi successivi al fatto accertato.

21. Le attività e/o le iniziative (culturali, musicali, sportive o di altro genere), autorizzate all'interno di parchi, giardini pubblici o aree verdi devono rispettare i limiti vigenti stabiliti dalla normativa in materia di inquinamento acustico.

22. Nella previsione di superamenti e comunque nei casi previsti dal Regolamento Comunale per la tutela dell'Inquinamento acustico, il titolare dell'autorizzazione dovrà richiedere il rilascio dell'autorizzazione in deroga ai limiti vigenti.

23. I concessionari di attività di noleggio biciclette, tricicli, mezzi a pedali e simili, devono dotarsi di adeguata pensilina mobile di copertura dei mezzi la cui tipologia costruttiva ed ubicazione verrà stabilita dall'Amministrazione.

Articolo 82 - Chioschi e dehors

1. Per quanto riguarda l'installazione di chioschi e dehors collocati all'interno di parchi, giardini e aree verdi essi devono essere autorizzati dagli Uffici comunali competenti previo parere vincolante del Settore Gestione Verde (o S.S.D.), limitatamente agli spazi consentiti dal Piano di localizzazione dei chioschi nelle aree verdi e secondo quanto previsto dai Regolamenti comunali vigenti.

2. In particolare, i chioschi devono essere posti a 2 metri dal filo del tronco; i dehors devono essere

realizzati a 1 metro dal fusto degli alberi. In entrambi i casi le strutture devono essere appoggiate al suolo senza effettuare scavi.

3. Essi non devono comportare in alcun modo danni o nocimenti ad aree verdi, siepi e alberate. Per le violazioni si rimanda agli appositi regolamenti comunali esistenti.

Articolo 83 - Accesso di veicoli a motore negli spazi verdi

1. In tutti gli spazi verdi è vietato l'accesso, la circolazione e la sosta di veicoli a motore.
2. Per le relative sanzioni amministrative occorre far riferimento all'articolo 80 (punto A) - Divieti comportamentali: lettera r).
3. Fanno eccezione quelli di seguito elencati ai quali è consentito il transito e la sosta esclusivamente sui viali, strade e percorsi predeterminati interni agli spazi verdi:
 - a) motocarrozze per il trasporto di disabili;
 - b) mezzi di soccorso;
 - c) mezzi di vigilanza in servizio;
 - d) mezzi di servizio e supporto allo svolgimento dei lavori di manutenzione ordinaria e straordinaria del verde, di strutture e manufatti in esso inseriti;
 - e) mezzi di proprietà dei residenti, qualora vi siano abitazioni ubicate all'interno dell'area;
 - f) mezzi per le attività di commercio ambulante, in possesso delle prescritte autorizzazioni;
 - g) mezzi per il rifornimento dei punti fissi di somministrazione di alimenti e bevande o di intrattenimento, in possesso delle prescritte autorizzazioni;
 - h) mezzi destinati ad un parcheggio, quando quest'ultimo si trovi all'interno dello spazio verde;
 - i) mezzi destinati al carico/scarico merci, qualora vi siano abilitazioni od attività produttive all'interno dell'area.
4. In ogni caso tutti i mezzi indicati nei paragrafi dovranno esporre sul parabrezza in modo visibile il permesso di transito per l'esclusiva area verde interessata.

Articolo 84 - Biciclette e velocipedi

1. Nei parchi e giardini è consentito il libero accesso alle biciclette e velocipedi in genere, condotti a velocità moderata, su viali, strade e percorsi pedonali con l'obbligo di dare precedenza ai pedoni.
2. Al di fuori della viabilità principale e di eventuali percorsi specificamente indicati per lo scopo con apposita cartellonistica, è vietato il transito a biciclette e *mountain bikes* per evitare danni alla vegetazione, al suolo ed agli arredi e pericoli per gli utenti.
3. Quando gli spazi verdi risultano molto frequentati da bambini e possono sussistere motivi di pericolo o in caso di possibilità di danneggiamento di aree verdi causato dal transito dei suddetti veicoli, è fatto obbligo di condurre biciclette e velocipedi a mano. In tal caso, nelle entrate dell'area verde sarà apposta apposita segnaletica di divieto.
4. Ai trasgressori delle suddette prescrizioni sarà comminata la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.

Articolo 85 - Giochi e attività sportive

1. Il gioco è consentito purché non arrechi disturbo o pericolo per sé o per gli altri ovvero causi danni alla vegetazione, alle infrastrutture ed agli immobili inseriti all'interno delle aree verdi.
2. È ammesso il gioco con aeromodelli e aquiloni, escludendo l'impiego di modelli forniti di motori a scoppio a combustione interna o esterna.

3. E' ammesso il gioco con automodelli o modelli di imbarcazioni, anche in questo caso con esclusione dell'uso di modelli forniti di motori a scoppio a combustione interna o esterna.
4. Il libero uso da parte dei bambini delle attrezzature e dei giochi è posto sotto la sorveglianza e responsabilità delle persone che ne hanno la custodia, nel rispetto delle prescrizioni stabilite da adeguata cartellonistica esistente. Le attrezzature per il gioco possono essere utilizzate solo dai bambini di età non superiore a quella indicata sulle stesse. Le attrezzature devono essere usate in modo conforme alla funzione per cui sono state predisposte.
5. A coloro che utilizzano le attrezzature e l'arredo in maniera non conforme alle prescrizioni del presente articolo, verrà comminata la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.
6. Il genitore ha comunque l'obbligo di verificare la presenza di eventuali anomalie e pericoli prima dell'uso delle attrezzature da parte del minore.
7. E' dovere oltre che diritto del cittadino segnalare all'Amministrazione Comunale la presenza di attrezzature o giochi in cattivo stato di conservazione al fine di attivare la conseguente manutenzione e/o sostituzione.
8. Nelle aree gioco è vietato l'accesso ai cani. Per eventuali sanzioni occorre far riferimento al Regolamento di Polizia Urbana.
- 8 bis. Nelle aree gioco è vietato fumare. Ai trasgressori sarà applicata la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.
- 8 ter. Nelle aree gioco è vietato introdurre bottiglie o altri contenitori di vetro. Ai trasgressori sarà applicata la sanzione amministrativa prevista dall'articolo 87.
9. L'attività sportiva in forma organizzata e di gruppo è consentita nei parchi di maggiore estensione purché non arrechi pericolo per sé o per gli altri ovvero causi danni alla vegetazione, alle infrastrutture ed agli immobili inseriti all'interno delle aree verdi.
10. All'interno dei giardini di quartiere e delle aree verdi di vicinato, la Circoscrizione di competenza, con apposito regolamento, può individuare aree per specifiche attività.

Articolo 86 - Aree destinate ai cani

1. In tutti i parchi, giardini e aree verdi i cani devono essere condotti al guinzaglio. I cani di indole mordace devono inoltre essere muniti di museruola, secondo le modalità previste dal Regolamento di Polizia Urbana.
2. Con apposita segnaletica sono indicate le aree in cui i cani possono essere lasciati liberi nonché le aree nelle quali è fatto loro divieto di accesso.
3. In tutte le aree cani gestite dall'Amministrazione, i cani possono correre liberamente senza guinzaglio e museruola, purché in presenza e sotto la vigilanza dei loro custodi o possessori. I possessori o gli accompagnatori dei cani devono comunque essere muniti di guinzaglio e trattenere i cani ogni qualvolta se ne presenti la necessità o l'opportunità a tutela dell'incolumità delle persone e degli animali.
4. In tutte le aree cani è obbligatorio raccogliere gli escrementi, secondo le modalità previste dal Regolamento per la gestione dei rifiuti urbani (articolo 35).
5. È vietato introdurre cani nei canali, corsi d'acqua, fontane e zone umide e laghetti.
6. Gli addetti alla vigilanza possono, qualora ravvisino pericolo per la pubblica incolumità, disporre l'immediato allontanamento dai parchi, giardini pubblici e aree verdi dei cani, ovvero ordinare ai proprietari l'uso congiunto della museruola e del guinzaglio.
7. Per eventuali sanzioni occorre far riferimento ai Regolamenti Comunali esistenti.

TITOLO I: SANZIONI

Articolo 87 - Definizione delle sanzioni

1. Le violazioni alle disposizioni dei regolamenti comunali comportano, ove previsto negli stessi, l'emanazione di atti finalizzati a ripristinare gli interessi pubblici pregiudicati dalle violazioni accertate (come previsto dall'articolo 19 comma 3 del Regolamento delle procedure sanzionatorie amministrative del Comune di Torino).
2. Ferma restando l'applicazione delle più gravi sanzioni penali e/o amministrative previste dalle leggi vigenti in materia, ogni violazione e inosservanza delle norme e prescrizioni del presente Regolamento è punita con la sanzione amministrativa pecuniaria specificamente determinata con provvedimento della Civica Amministrazione, in conformità della disciplina generale di cui al capo I della Legge 24 novembre 1981, n.689; secondo quanto previsto dall'articolo 7 bis del Decreto Legislativo 18 agosto 2000 n. 267 (Testo Unico delle Leggi sull'Ordinamento degli Enti Locali), da un minimo di 25 Euro ad un massimo di 500 Euro.
3. Nella tabella allegata (vedi **allegato n. 14**), viene individuata la procedura sanzionatoria progressiva a seconda della diversa gravità comportamentale posta in essere dal soggetto responsabile della violazione. 4. Inoltre, se del caso, con l'applicazione della sanzione amministrativa accessoria del ripristino dello stato dei luoghi a cura e spese del responsabile della violazione e dell'inosservanza.

TITOLO II: NORME SULLA VIGILANZA, ENTRATA IN VIGORE ED IN CONTRASTO CON IL PRESENTE REGOLAMENTO

Articolo 88 - Vigilanza

1. La vigilanza sull'osservanza delle norme del presente Regolamento nonché delle ordinanze attuative e l'accertamento delle relative violazioni è affidato, in via generale, agli agenti del Corpo di Polizia Municipale, nonché, in via speciale e limitatamente alle materie di specifica competenza, ad altri funzionari comunali o di Enti ed Aziende erogatori di pubblici servizi, a funzionari delle Aziende Sanitarie Locali, alle Guardie Ecologiche Volontarie previste dalla legge regionale n. 32 del 2 novembre 1982 e s.m.i. (Norme per la conservazione del patrimonio naturale e dell'assetto dell'ambiente) e, nell'ambito delle materie di loro competenza, alle Guardie Zoofile Volontarie.
2. All'accertamento ed alla contestazione delle violazioni e delle inosservanze delle norme e prescrizioni comunque riferibili a materia pertinente la salvaguardia del verde pubblico, purchè costituenti illecito amministrativo, può procedere anche il personale del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) o delle Circoscrizioni avente qualifica non inferiore al livello funzionale "C" e munito di apposito documento di riconoscimento.
3. Inoltre, ove consentito dalla legge e previsto da specifica convenzione con la Città, l'Amministrazione comunale può affidare il compito di far osservare le disposizioni del presente Regolamento a personale di altri Enti.

Articolo 89 - Entrata in vigore

1. Il presente Regolamento entra in vigore il primo giorno del mese successivo all'avvenuta esecutività dell'atto approvativo dello stesso.

Articolo 90 - Incompatibilità ed abrogazione di norme

1. Alla data di entrata in vigore del presente Regolamento sono da intendersi abrogate tutte le norme, con esso incompatibili od in contrasto, eventualmente contenute in altri regolamenti o in ordinanze comunali.

ALLEGATO N. 1 (CAP ID): ELENCO DELLE PRINCIPALI NORMATIVE VIGENTI SOVRAORDINATE AL REGOLAMENTO DEL VERDE PUBBLICO E PRIVATO

BENI CULTURALI, PAESAGGIO

Norme nazionali

- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio" (Decreto Urbani).
- Decreto Legislativo 29 ottobre 1999, n. 490 "Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali, a norma dell'articolo 1 della Legge 8 ottobre, n. 352 (Legge Melandri)".

Norme Regionali

- Legge regionale 3 aprile 1989, n. 20 - "Norme in materia di tutela di beni culturali, ambientali e paesistici".
- Legge regionale n. 23 del 30 aprile 1996 Modifica alla legge regionale 3 aprile 1989, n. 20 "Norme in materia di tutela di beni culturali, ambientali e paesistici".

LEGGI AMBIENTALI E FORESTALI

Norme Nazionali

- R.D.L. del 30 dicembre 1923 n. 3267 - Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani.
- R.D. n. 1126/1926 - Regolamento per l'applicazione del R.D. n. 3267/1923.
- Legge 8 agosto 1985, n. 431 - Conversione in legge, con modificazione del D.L. 27 giugno 1985, n. 312, recante disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (Legge GALASSO).
- Legge 18 maggio 1989, n.183 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo" e s.m.i..
- Legge 29 gennaio 1992, n. 113 - Obbligo per il comune di residenza di porre a dimora un albero per ogni neonato, a seguito della registrazione anagrafica.
- Decreto Legislativo 18 maggio 2001, n. 227 - Orientamento e modernizzazione del settore forestale, a norma dell'articolo 7 della legge 5 marzo 2001, n. 57.
- Decreto Legislativo 10 novembre 2003, n. 386 - Attuazione della direttiva 1999/105/CE relativa alla commercializzazione dei materiali forestali di moltiplicazione.

Norme Regionali

- Legge regionale 5 dicembre 1977, n. 56 - Tutela ed uso del suolo.
- Legge regionale 4 settembre 1979, n. 57 - Norme relative alla gestione del patrimonio forestale.
- Legge regionale 2 novembre 1982, n. 32 - Norme per la conservazione del patrimonio naturale e dell'assetto dell'ambiente.
- Legge regionale 2 marzo 1984, n. 15 - Procedimento per l'applicazione delle sanzioni amministrative inerenti alle violazioni in materia di Parchi naturali, Riserve naturali o Aree attrezzate.
- Legge regionale 3 aprile 1989, n. 20 - Norme in materia di tutela di beni culturali, ambientali e paesistici.
- Legge regionale 9 agosto 1989, n. 45 - Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici - Abrogazione legge regionale 12 agosto 1981, n. 27.
- Legge regionale 22 marzo 1990, n. 12 - Nuove norme in materia di aree protette (Parchi naturali, Riserve naturali, Aree attrezzate, Zone di parco, Zone di salvaguardia).
- Legge regionale 3 aprile 1995, n. 50 - Tutela e valorizzazione degli alberi monumentali, di alto pregio naturalistico e storico, del Piemonte.
- Legge regionale 14 dicembre 1998, n. 40 - Disposizioni concernenti la compatibilità ambientale e le procedure di valutazione.

FITOPATOLOGIA

Norme Nazionali

- Decreto Ministeriale del 17 aprile 1998 - Disposizioni sulla lotta obbligatoria contro il cancro colorato del platano "Ceratocystis fimbriata".
- Circolare applicativa del Decreto Ministeriale del 17 aprile 1998 concernente le note tecniche per la salvaguardia del platano dal cancro colorato "Ceratocystis fimbriata".
- Decreto Ministeriale del 17 aprile 1998 - Disposizioni sulla lotta obbligatoria contro la processionaria del pino "Thaumetopoea pityocampa".
- Decreto del 10 settembre 1999, n. 356 - Regolamento recante misure per la lotta obbligatoria contro il colpo di fuoco batterico (Erwinia amylovora), nel territorio della Repubblica

Norme Regionali

- Legge regionale del 28 dicembre 1989, n. 76 - Divieto dell'uso dei fitofarmaci e dei diserbanti della 1a e 2a classe di tossicità all'interno dei centri abitati.

AREE PROTETTE - SPONDE FLUVIALI - TUTELA TERRITORIO COLLINARE - ZONE SOTTOPOSTE A TUTELA PAESISTICA

- Regio Decreto 25 luglio 1904, n. 523 - Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.
- Legge Regionale 17 aprile 1990, n. 28 - Sistema delle Aree Protette della Fascia Fluviale del Po - Istituzione.
- Legge Regionale 14 novembre 1991, n. 55 - Istituzione del Parco Naturale della Collina di Superga.
- Deliberazione del Consiglio Regionale (D.C.R.) n.982 - 4328 dell'8 Marzo 1995 - Piano d'Area del Sistema delle Aree protette della fascia fluviale del Po - tratto torinese.
- Deliberazione del Consiglio Regionale 30 maggio 2002, n. 243 - 17401 - L.R. 28/1990, modificata con L.R. 65/1995. Piano area del sistema delle aree protette della Fascia fluviale del Po - Tratto torinese. Variante conseguente agli ampliamenti approvati con L.R. 65/1995.

ZONE SOTTOPOSTE A TUTELA PAESISTICA

- D.M. 16 giugno 1941 - Villa il Pollone (Villa Sassi).
- D.M. 30 dicembre 1942 - Torino Monte dei Cappuccini.
- D.M. 14 aprile 1948 - Torino Parco del Valentino.
- D.M. 11 gennaio 1950 - Dichiarazione di notevole interesse pubblico delle sponde del Po nel tratto che il fiume attraversa la Città di Torino.
- D.M. 11 novembre 1952 - Dichiarazione di notevole interesse pubblico della zona collinare sita nell'ambito del Comune di Torino.
- D.M. 22 febbraio 1964 - Dichiarazione di notevole interesse pubblico dei viali alberati del Comune di Torino (c.so Vittorio, c.so Regina, c.so Matteotti, c.so Stati Uniti, c.so M.D'Azeglio, c.so Vinzaglio, c.so Francia, c.so Re Umberto, c.so G.Ferraris)
- D.M. 23 agosto 1966 - Dichiarazione di notevole interesse pubblico della zona della strada panoramica collinare Superga - Colle della Maddalena.

URBANISTICA

Norme Comunali

- Piano Regolatore Generale di Torino (P.R.G.C.) ed in particolare le Norme Urbanistico Edilizie di Attuazione (N.U.E.A.).

ALLEGATO N. 2 (CAP II): PIANO REGOLATORE GENERALE DI TORINO - NORME URBANISTICO EDILIZIE DI ATTUAZIONE (ESTRATTO) IN MATERIA DI TUTELA DELLE ALBERATE E FORMAZIONE DEL VERDE

Articolo 2 - Definizioni

- 1** Ai fini dell'applicazione delle presenti norme si fa riferimento alle seguenti definizioni:
- 2** 1) Zona normativa: parte del territorio comunale, graficamente individuata nelle tavole di Piano in scala 1:5000, la cui trasformazione e' disciplinata dal Piano con parametri e norme di attuazione omogenee.
- 3** 2) Area normativa: aree caratterizzate da omogenea morfologia di impianto e di uso e disciplinate dalle norme delle zone normative in cui ricadono. Sono individuate nelle tavole di piano in scala 1:5000 e descritte all'art.8 delle presenti norme.
- 4** 3) Ambito: parte di territorio, graficamente individuato nelle tavole di piano in scala 1:5000, con riferimento a: - ambito di trasformazione residenziale, terziario, commerciale e produttivo; - ambito per la realizzazione di servizi; - ambito per la riqualificazione dello spazio pubblico.
- 5** 4) Comparto edificatorio: area operativa, all'interno di strumenti esecutivi od attuativi, oggetto di un progetto unitario, anche se realizzato in fasi successive.
- 6** 5) Cellula edilizia: Unita' edilizia nella zona centrale storica individuata nelle tavole di piano in scala 1:1000.
- 7** 6) Intervento edilizio: complesso delle operazioni volte a realizzare le trasformazioni urbanistiche ed edilizie dell'immobile interessato.
- 8** 7) Strumenti urbanistici esecutivi: per le definizioni e le modalita' di attuazione di ciascuno strumento urbanistico esecutivo si rimanda alla relativa disciplina della L.U.R.: - Piani particolareggiati (P.P.); - Piano per l'edilizia economico-popolare (P.E.E.P.); - Piano di recupero (P.R.); - Piano delle aree da destinare ad insediamenti produttivi (P.I.P.); - Piano esecutivo convenzionato (P.E.C.); - Piani tecnici esecutivi di opere pubbliche (P.E.O.P.);
- 9** 8) Destinazioni: La destinazione d'uso di un'area normativa e' l'insieme delle attivita' (secondo la classificazione adottata nel successivo art.3) ammesse nell'area considerata.
- 10** Per destinazione d'uso di un immobile esistente si intende quella legittimamente in atto, quale risulta da licenze edilizie, concessioni e autorizzazioni rilasciate o in applicazione di disposizioni di legge.
- 11** Nel caso in cui la destinazione d'uso non risulti da tali atti, si fa' riferimento a documentazione probatoria, quale il classamento catastale o altra.
- 12** Per cambiamento di destinazione d'uso di un'area, di un edificio o parte di esso, anche se effettuato senza esecuzione di opere edilizie, si intende il passaggio dall'una all'altra delle 11 classi di attivita' di cui al successivo art.3 e, all'interno di ciascuna classe, il passaggio da una categoria all'altra contraddistinta con la medesima lettera alfabetica.
- 13** Il cambio d'uso puo' effettuarsi soltanto nel rispetto e in conformita' a quanto prescritto dalle presenti norme e dai regolamenti comunali.
- 14** 9) Superficie Territoriale (mq) (S.T.): somma delle superfici fondiariae (SF) destinate all'edificazione, delle superfici per l'urbanizzazione primaria, secondaria e indotta esistenti o di progetto comprese in un ambito.
- 15** 10) Superficie Fondiaria Edificabile (mq) (S.F.): Superficie edificabile dalla quale sono escluse le aree gia' individuate nelle carte di azionamento 1:5000 per le urbanizzazioni ed i servizi, alla quale va riferito l'I.F. di cui al successivo punto 27.
- 15 bis** 10 bis) Superficie Fondiaria Netta (S.F.N.): Superficie edificabile, detratte le aree per le urbanizzazioni ed i servizi da cedere secondo le modalita' previste all'art.6, cui va riferito il calcolo della densita' fondiaria ex art.23 L.U.R.
- 16** 11) Superficie lorda di pavimento (mq) (S.L.P.): La somma di tutte le superfici coperte, come definite al successivo punto 12), ai vari piani o interpiani, sia fuori terra che in sottosuolo.
- 17** Non costituiscono SLP, ai fini del rispetto degli indici di edificabilita', le parti sottoelencate, comprensive delle relative murature perimetrali non costituenti separazione da parti incluse nel computo della SLP:
- 18** 1) i porticati e i pilotis anche se chiusi con vetrate purché di uso comune;
- 19** 2) le logge, i balconi, le terrazze con pareti estese a non piu' di 2/3 del loro perimetro e gli spazi non abitabili del sottotetto in cui siano soddisfatte le seguenti condizioni:
- imposta della falda a non più di cm 40 dall'ultimo piano di calpestio, misurata sul filo interno del muro di tamponamento della facciata;
 - inclinazione della falda non superiore a 30.;
 - aperture di dimensioni non superiori a mq 0,40 e superficie complessiva delle aperture non superiore a 1/30 del pavimento. E' comunque concessa un'apertura di mq 0,10 per ogni locale.
- Per gli edifici esistenti e realizzati in base a precedenti strumenti urbanistico-edilizi gli spazi nel sottotetto devono essere scomputati qualora non risultino legittimamente abitati; devono altresì essere scomputati gli spazi sottotetto trasformati all'uso abitativo in applicazione della L.R. 21/98.
- 20** 3) le superfici dei piani interrati o parzialmente interrati emergenti per una quota non eccedente m 1,50 rispetto al piano marciapiede (misurata sull'estradosso del solaio di copertura dell'interrato) limitatamente

- per gli usi a cantina e deposito non comportanti presenza continuativa di persone;
- 21** 4) le superfici adibite a parcheggi e i relativi spazi di manovra sia in sottosuolo che in soprasuolo;
- 22** 5) le superfici afferenti i locali destinati alla installazione di impianti tecnologici (di riscaldamento e condizionamento, cabine elettriche, locali macchine, ascensori, ecc.);
- 23** 6) Nei soli interventi residenziali i vani scala di uso comune e i vani corsa degli impianti di sollevamento e di quelli diretti al superamento delle barriere architettoniche, fino a un massimo, in ciascun piano, del 10% della superficie coperta
- 24** 7) I soppalchi destinati esclusivamente a deposito.
8) annullato
9) Nei soli interventi residenziali, gli atrii e gli androni al piano terreno di uso comune.
- 24 bis** 10) Per gli edifici esistenti e realizzati conformemente a precedenti strumenti urbanistico edilizi, costituisce S.L.P. consolidata quella determinata con le modalità di calcolo stabilite dalle presenti norme.
- 25** 12) Superficie coperta (mq) (S.C.): L'area della proiezione sul piano orizzontale del massimo ingombro delle parti edificate fuori terra, delimitate dalle superfici esterne delle pareti perimetrali, o in loro mancanza dai piani verticali circoscritti alle strutture portanti, con l'esclusione delle proiezioni di parti esterne (sporti, cornicioni, pensiline, ecc.) aggettanti non più di 1,50 m.
- 26** In caso di maggior sporgenza, la S.C. sarà conteggiata sull'intera proiezione.
- 27** 13) Rapporto di copertura (%) (R.C.): L'incidenza percentuale della Superficie coperta (S.C.) rispetto alla Superficie Fondiaria Netta (S.F.N.).
- 28** 14) Verde privato:
Area libera da qualsiasi costruzione, sistemata a prato, con presenza di alberature e arbusti; sono ammesse costruzioni in sottosuolo destinate ad autorimesse purché ricoperte da strato di terreno atto alla formazione del verde di spessore non inferiore a cm. 70. L'altezza complessiva emergente dal livello marciapiede stradale non dovrà essere superiore a m. 1,50. Le relative rampe ed i volumi tecnici per l'accesso e l'aerazione non sono da scomputare dalla superficie a verde privato se coperti da uno strato di terra di almeno cm. 70.
- 29** 15) Parcheggio privato: Per parcheggio privato si intendono gli spazi da destinare alla sosta di veicoli in sopra- o sottosuolo soggetti o meno a vincoli di pertinenza.
- 30** 16) Altezza delle fronti dei fabbricati (ml) (H): È misurata per ciascuna fronte a partire dal livello medio degli spazi perimetrali immediatamente adiacenti (marciapiedi, cortili o terreno naturale) quale risultante esattamente dagli elaborati di progetto presentati in sede di richiesta dei permessi edilizi, fino ai punti più elevati della fronte stessa, comprendenti i cornicioni orizzontali, i parapetti pieni ed i timpani finestrati.
- 31** Per il territorio collinare a levante del fiume Po l'altezza massima delle costruzioni, per ciascuna fronte, è misurata sul lato della costruzione dove l'altezza sul terreno naturale e sugli sbancamenti eseguiti è maggiore e comprende quindi anche i volumi seminterrati che sporgono dal terreno naturale o dal piano definitivo di sistemazione del terreno su quel lato, sino alla massima altezza comprendente i cornicioni orizzontali, i parapetti pieni ed i timpani finestrati. In caso di costruzione a gradoni l'altezza delle fronti arretrate è da riferire alla quota base della fronte più a valle.
- 32** Le altezze ammissibili sono computate in base al Regolamento Edilizio (R.E.) salvo quanto diversamente specificato nelle tavole o schede normative di zona. Maggiori altezze sono consentibili per interventi inseriti nell'ambito di strumenti urbanistici esecutivi laddove consentito dal Piano.
Nelle schede normative le prescrizioni relative alle altezze degli edifici fanno riferimento al numero massimo di piani fuori terra ricomprendendo anche gli eventuali piani a pilotis ed escludendo i sottotetti, anche abitabili, con imposta della falda a non più di cm 40 dall'ultimo piano di calpestio, misurata sul filo interno del muro di tamponamento della facciata e inclinazione delle falde non superiore a 30.
- 33** Non si considerano fronti di un fabbricato le pareti verticali di abbaini e quelle prospettanti su terrazzini ricavati entro la sagoma del tetto, purché collocate tra di loro a distanza non inferiore al doppio della loro larghezza.
- 34** I volumi dei locali destinati all'installazione di impianti tecnologici ed i corpi scala sono esclusi dal computo delle altezze.
- 35** 17) Volumetria (mc) (V): Cubatura ricavata moltiplicando le S.L.P. per le relative altezze interpiano e assumendo come altezza dell'ultimo piano quella media dal pavimento all'intradosso del solaio di copertura. Tale valore è da applicarsi in tutti i casi in cui disposizioni vigenti fanno riferimento a cubature (ad esempio per la determinazione degli oneri concessori relativi alla destinazione residenziale), anziché a superfici.
- 35 bis** 17bis) Volumetria virtuale (mc) (VV): Cubatura ricavata moltiplicando la S.L.P. per un'altezza interpiano teorica di m 3,50. Tale valore può essere assunto in alternativa al volume di cui alla definizione 17) quale riferimento per il dimensionamento di parcheggi ex art. 41 sexies L. 1150/42 e successive modifiche e

- integrazioni.
- 36** 18) Filo stradale (C.S.): Limite della sede o piattaforma stradale comprendente tutte le sedi viabili, sia veicolari che pedonali, ivi incluse le banchine.
- 37** 19) Filo edilizio o allineamento: Limite della fascia non edificabile su cui devono attestarsi gli edifici, ove prescritto o individuabile dagli allineamenti edilizi precostituiti.
- 38** 20) Inviluppo: Margine di definizione del disegno dello spazio pubblico sul quale attestare le parti edificate.
- 39** 21) Asse retto: Asse di tracciato urbano vincolante a cui deve fare riferimento l'organizzazione dello spazio pubblico e dell'edificato nelle zone urbane di trasformazione.
- 40** 22) Distanza dal filo stradale e dal filo edilizio (ml) (D.S.): Distanza dal limite più esterno del corpo dell'edificio, con esclusione di fregi, cornicioni, balconi e bow-window e sporti continui.
- 41** 23) Distanza da confini privati (ml) (D.C.): Distanza dell'edificio dai confini privati, misurata dal limite più esterno degli eventuali corpi aggettanti chiusi o aperti, con l'esclusione di fregi, cornicioni e balconi aperti aggettanti per una misura non superiore a mt. 1.50. In caso di maggiore sporgenza la distanza è da misurarsi dall'estremità dell'aggetto.
- 42** 24) Distanza tra fabbricati (ml) (D.F.): Distanza tra le pareti degli edifici, o in loro mancanza tra i piani circoscritti alle strutture verticali, con l'esclusione di fregi, cornicioni e balconi aperti aggettanti per una misura non superiore a ml. 1,50. In caso di maggiore sporgenza la distanza è da misurarsi dall'estremità dell'aggetto.
- 43** 25) Distanza tra pareti finestrate di edifici antistanti (D.P.F.): Distanza tra le pareti finestrate degli edifici, ovvero tra pareti di cui una sola sia finestrata, qualora gli edifici si fronteggino per uno sviluppo superiore a mt. 12. Pareti dotate di sole luci sono da considerarsi non finestrate.
- 44** 26) Indice di edificabilità territoriale (mq/mq) (I.T.): Rapporto tra la superficie lorda di pavimento (S.L.P.) e la Superficie Territoriale (S.T.) interessata dall'intervento.
- 45** 27) Indice di edificabilità fondiario (mq/mq) (I.F.): Rapporto tra la superficie lorda di pavimento (S.L.P.) e la Superficie Fondiaria Edificabile (S.F.) interessata dall'intervento.
- 46** 28) Indice di superficie abitativa: Superficie lorda di pavimento che compete mediamente ad ogni abitante insediato o insediabile. Il valore medio a Torino è stabilito pari a 34 mq/ab. convenzionalmente corrispondente a 102 mc/ab. Tale indice è da applicarsi per il calcolo della capacità insediativa residenziale.
- 47** 29) Aree di pertinenza delle costruzioni: Superfici territoriali e fondiari asservite per il calcolo degli indici di edificabilità territoriale e fondiaria. In caso di frazionamento della proprietà di aree si fa riferimento, ai fini del calcolo delle capacità edificatorie, alla situazione esistente alla data di adozione del Progetto Preliminare (19/12/1991), in riferimento ad atti regolarmente registrati e trascritti, tenendo conto degli edifici già esistenti sulle medesime aree.
- 48** 30) Basso fabbricato: Costruzione avente altezza massima di mt.4,50 misurata sul punto più alto della copertura rispetto al piano cortile, con esclusione dei fabbricati a parcheggio di altezza f.t. non superiore a mt.1,50 compresa la copertura, anche se sistemata a verde.
- 49** 31) Soppalchi destinati esclusivamente a deposito: Superficie di calpestio posta a quota inferiore a mt. 2,40 rispetto al solaio sovrastante, avente almeno un lato aperto ed una superficie non superiore al 50% del locale interessato e comunque non superiore a mq. 100 per ogni unità immobiliare.
- 50** 32) Edifici uni e bifamiliari: Edifici residenziali composti da una o due unità immobiliari la cui SLP non superi rispettivamente mq. 250 e mq. 350.
- 51** 33) Cortili: Spazi di confrontanza delle fronti interne, liberi o occupati da bassi fabbricati per la profondità minima prescritta dal regolamento edilizio. I muri divisorii e le recinzioni tra proprietà non devono essere realizzati con altezza superiore a m 3,00; nel caso in cui siano ammesse costruzioni di bassi fabbricati a confine l'altezza non potrà superare m 3,00, a eccezione delle aree M2 e MP, dove l'altezza non dovrà superare i m 4,50, anche ai fini dell'Articolo 41 del Regolamento Edilizio.
- 52** 34) Parametri di trasformazione: Si articolano in:
- 53** Parametri urbanistici:

- a) superficie fondiaria e territoriale
- b) indice di edificabilità territoriale e fondiario
- c) indice medio di superficie abitativa
- d) destinazioni d'uso
- e) dotazione di servizi prevista nel Piano.
- 54** Parametri edilizi:
 - a) rapporto di copertura
 - b) dotazione di aree a verde privato
 - c) dotazione di superficie a parcheggio privato
 - d) altezza dei fabbricati
 - e) numero dei piani consentito
 - f) distanza dai confini privati
 - g) distanza fra fabbricati
 - h) distanza dal filo stradale o dal filo edilizio
 - i) spessore del corpo di fabbrica
- 55** 35) Utilizzazione edificatoria (S.L.P.): Prodotto fra l'indice di edificabilità fondiaria o territoriale e la superficie dell'area o dell'ambito relativi.
- 56** 36) Pertinenza storica: Area di pertinenza di edificio di particolare interesse storico, entro la quale il disegno del suolo e i manufatti esistenti risultano parte architettonicamente integrata all'edificio stesso.
- 57** 37) Aree interne agli isolati Superficie fondiaria edificabile (S.F.) di cui al precedente punto 10, al netto della fascia riservata all'edificazione. Tale fascia non può eccedere m 18 misurati dal filo stradale o edilizio.
- 58** 38) Verande Volume accessorio con superficie di pavimento chiudibile non superiore a mq 9 per unità immobiliare. La realizzazione di tali opere è ammessa anche in deroga agli indici di edificabilità del Piano, sempre che siano rispettate le seguenti condizioni: presentazione di un progetto unitario al quale dovranno uniformarsi tutte le successive chiusure. Nel caso di fabbricazione chiusa tali opere possono riguardare le sole fronti verso il cortile; nel caso di fabbricazione aperta si deve tenere conto delle tipologie edilizie in relazione agli affacci su spazi pubblici e su pubbliche vie. Devono essere osservati i disposti dell'Articolo 118 del Regolamento Igienico (R.I.), nonché i seguenti requisiti:
 1. La superficie finestrata di ciascun locale interno apribile sulla veranda non deve essere inferiore ad 1/8 della superficie del pavimento del locale stesso e la superficie finestrata della veranda apribile verso l'esterno non inferiore ad 1/8 della somma delle superfici dei pavimenti della veranda e di tutti i locali adiacenti sulla medesima.
 2. Le cucine o i locali con posto di cottura che si aprono sulle verande siano muniti di un adeguato impianto di aspirazione forzata con scarico diretto all'esterno.
 3. I servizi igienici che si aprono sulle verande siano muniti di un adeguato impianto di aspirazione forzata con scarico diretto all'esterno e non vi siano installati apparecchi a fiamma libera.
 4. Non vengano eliminate le chiusure interposte tra la veranda e i locali interni che su essa si affacciano.
 5. Non vengano installati nelle verande corpi od apparecchi riscaldanti di qualsiasi tipo, apparecchi igienico-sanitari, impianti di cucine ed altre apparecchiature od arredi atti a mutare le caratteristiche di volume tecnico accessorio a servizio dell'unità immobiliare interessata.
 6. Qualora siano presenti all'interno delle verande tubazioni di distribuzione del gas a monte dei misuratori o i misuratori stessi, la veranda sia resa direttamente o permanentemente comunicante con l'esterno mediante una apertura priva di vetro situata nella parte superiore ed avente superficie non inferiore ad 1/30 della superficie del pavimento della veranda con un minimo di mq 0,2.
Tubazioni e misuratore potranno anche essere collocati in un settore della veranda separato dalla restante parte con apposita parete divisoria purché esso sia ventilato con le stesse modalità di cui sopra e reso accessibile per l'ispezione.
- 59** 39) Abbaini e terrazzini: Gli abbinati e i terrazzini nelle falde dei tetti sono consentiti, in deroga al R.E., solo

se geometricamente in asse alle aperture sottostanti, di larghezza coerente con tali aperture e larghezza massima esterna del corpo abbaino/terrazzino di m. 1,80, ferme restando le disposizioni specifiche dell'allegato A, e le ulteriori prescrizioni del comma 33 del presente articolo.

- 60 40) Sopraelevazione: Intervento volto alla realizzazione di un nuovo piano fuori terra contenuto entro la sagoma perimetrale dell'edificio esistente.

Articolo 8 - Aree normative: classificazione e destinazioni d'uso

Per le zone normative vengono individuate le destinazioni d'uso ammesse secondo le definizioni dell'articolo 3 con la precisazione che le attività di servizio pubblico di cui al punto 7 del succitato articolo 3 sono consentite in tutte le aree normative. Le aree normative, individuate nelle tavole di piano in scala 1:5.000, sono:

1 Area R1

- 1 Residenze realizzate prevalentemente con piani o progetti unitari.
- 2 La destinazione è residenziale (v. articolo 3 punto 1A). Al piano interrato, terreno e primo sono consentite le attività commerciali al dettaglio di cui all'articolo 3 punti 4A1a e 4A1b1 nei limiti e nel rispetto di quanto disposto nell'allegato C, attività per la ristorazione e pubblici esercizi (v. articolo 3 punto 4A2), attività artigianali di servizio (v. articolo 3 punto 4A3), studi professionali, agenzie bancarie, assicurative, immobiliari, ecc. (v. articolo 3 punto 5A) ed a tutti i piani le attività ricettive (v. articolo 3 punto 2A).
- 3 I fabbricati realizzati con piani attuativi unitari sono riconfermati nella consistenza quantitativa esistente (SLP) indipendentemente dall'indice di densità fondiaria della zona normativa in cui ricadono. E' consentito incrementare e modificare l'uso del piano interrato, terreno e primo degli edifici con le attività elencate all'articolo 3 4A1a, 4A1b1, 4A2, 4A3 e 5A purchè tali interventi non comportino la chiusura dei piani a pilotis. Gli interventi di sostituzione edilizia devono essere coerenti con l'impianto originario e devono integrarsi con il contesto urbano circostante.
- 4 I fabbricati non realizzati con strumenti urbanistici esecutivi, di cui al precedente capoverso, seguono i parametri di trasformazione urbanistici ed edilizi della zona normativa di appartenenza.
- 5 I fabbricati aventi tipologia a ville (evidenziati nelle tavole di piano con asterisco) hanno parametri edilizi propri riportati nella tavola normativa relativa alle zone di appartenenza.
- 6 I parcheggi devono essere realizzati in sottosuolo.

2 Area R2

- 7 Isolati residenziali a cortina edilizia verso spazio pubblico.
- 8 La destinazione è residenziale (v. articolo 3 punto 1A). Al piano interrato, terreno e primo sono consentite le attività commerciali al dettaglio di cui all'articolo 3 punti 4A1a e 4A1b1 nei limiti e nel rispetto di quanto disposto nell'allegato C, attività per la ristorazione e pubblici esercizi (v. articolo 3 punto 4A2), artigianali di servizio, studi professionali, agenzie bancarie, immobiliari, ecc. (v. articolo 3 punti 4B1, 4B2 e 5A) e a tutti i piani gli usi ricettivi (v. articolo 3 punto 4A3).
- 9 I parametri di trasformazione urbanistici ed edilizi da rispettare sono quelli della zona normativa di appartenenza (v. Tav. normative).
- 10 Le aree interne agli isolati, contestualmente a interventi di completamento, nuovo impianto e ristrutturazione urbanistica, devono essere liberate e riqualificate per formare spazi di verde privato.
- 11 I parcheggi devono essere realizzati in sottosuolo; sono ammessi parcheggi in cortina edilizia con esclusione delle zone storico ambientali.

3 Area R3

- 12 Isolati residenziali a cortina edilizia verso spazio pubblico con limitata presenza di attività compatibili con la residenza.
- 13 La destinazione è residenziale (v. articolo 3 punto 1A). Al piano interrato, terreno e primo sono consentite le attività commerciali al dettaglio di cui all'articolo 3 punti 4A1a e 4A1b1 nei limiti e nel rispetto di quanto disposto nell'allegato C, attività per la ristorazione e pubblici esercizi (v. articolo 3 punto 4A2), attività,

- artigianali di servizio (v. articolo 3 punto 4A3), studi professionali, agenzie bancarie, immobiliari, ecc. (v. articolo 3 punto 5A) ed a tutti i piani le attività ricettive (v. articolo 3 punto 2A).
- 14** I parametri di trasformazione urbanistici ed edilizi sono quelli della zona normativa di appartenenza. Le aree interne agli isolati, contestualmente a interventi di completamento, nuovo impianto e ristrutturazione urbanistica, devono essere liberate e riqualificate per formare spazi di verde privato. Contestualmente agli interventi di ristrutturazione edilizia e completamento è consentito il mantenimento dei bassi fabbricati a condizione che per le coperture degli stessi vengano adottate soluzioni esteticamente e ambientalmente migliorative. In presenza di residue capacità edificatorie dell'area, gli interventi di completamento, realizzabili solo su cortina, con mantenimento dei bassi fabbricati non possono eccedere il 10% della SLP ammissibile sul lotto, calcolata in base all'indice fondiario.
- 15** I parcheggi devono essere realizzati in sottosuolo; sono ammessi parcheggi in cortina edilizia con esclusione delle zone storico ambientali.
- 4 Area R4**
- 16** Isolati o cellule edilizie residenziali compresi nella zona urbana centrale storica.
- 17** La destinazione è residenziale (v. articolo 3 punto 1A). Ai piani interrato, terreno, ammezzato e primo sono consentite le attività commerciali al dettaglio, di cui all'articolo 3 punti 4A1a e 4A1b1 nei limiti e nel rispetto di quanto disposto nell'allegato C, attività per la ristorazione e pubblici esercizi (v. articolo 3 punto 4A2), attività artigianali di servizio (v. articolo 3 punto 4A3), studi professionali, agenzie bancarie, immobiliari, ecc. (v. articolo 3 punto 5A) e a tutti i piani gli usi ricettivi (v. articolo 3 punto 2A).
- 18** Gli interventi edilizi ammessi sono quelli previsti per la zona urbana centrale storica (v. articolo 10) con le modalità di intervento specificate nell'allegato A.
- 19** E' consentito l'uso a parcheggio al piano terreno degli edifici esistenti e nel sottosuolo.
- 20** Le suddivisioni in cellule riportate sulle tavole in scala 1:1000 prevalgono sulle indicazioni riportate sulle tavole di piano ad altra scala.
- 5 Area R5**
- 21** Isolati o cellule edilizie residenziali compresi nella zona urbana centrale storica corrispondenti a palazzi rappresentativi.
- 22** La destinazione è residenziale (v. articolo 3 punto 1A). Ai piani interrato, terreno e ammezzato sono consentite le attività commerciali al dettaglio, di cui all'articolo 3 punti 4A1a e 4A1b1 nei limiti e nel rispetto di quanto disposto nell'allegato C, attività per la ristorazione e pubblici esercizi (v. articolo 3 punto 4A2), attività artigianali di servizio (v. articolo 3 punto 5A), studi professionali, agenzie bancarie, immobiliari, ecc. (v. articolo 3 punto 5A) e a tutti i piani le attività ricettive (v. articolo 3 punto 2A), fatta eccezione per gli "Edifici di gran prestigio" (articolo 10) per i quali le attività ricettive non sono ammesse. In tutti gli edifici al primo piano (piano nobile) sono consentite le funzioni associative, culturali e terziarie di alta rappresentanza (v. articolo 3 punto 5B), a condizione che venga salvaguardata e ripristinata l'originaria sequenza degli ambienti e le qualità storiche ed architettoniche degli edifici.
- 23** Gli interventi edilizi ammessi sono quelli previsti per la zona urbana centrale storica (v. articolo 10) con le modalità di intervento specificate nell'allegato A.
- 24** E' consentito l'uso a parcheggio al piano terreno degli edifici esistenti con affaccio sul cortile e nel sottosuolo.
- 25** Le suddivisioni in cellule riportate sulle tavole in scala 1:1000 prevalgono sulle indicazioni riportate sulle tavole di piano ad altra scala.
- 6 Aree R6, R7, R8**
- 26** Edifici inseriti in un contesto ambientale caratterizzato dalla presenza di giardini e verde in zone consolidate collinari.
- 27** La destinazione è residenziale (v. articolo 3 punto 1A). Al piano terreno sono consentite attività per la ristorazione e pubblici esercizi (v. articolo 3 punto 4A2).

- 28** I parametri di trasformazione urbanistici ed edilizi sono quelli della zona normativa di appartenenza.
- 29** I parcheggi devono essere realizzati in sottosuolo o al piano terreno degli edifici. La consistenza arborea preesistente deve essere documentata all'atto di richiesta di concessione edilizia e deve essere salvaguardata o ripristinata.

7 Area R9

- 30** Residenze aggregate in borghi di impianto extraurbano con edifici organizzati prevalentemente secondo un "disegno aperto".
- 31** La destinazione è residenziale (v. articolo 3 punto 1A). Al piano interrato, terreno e primo sono consentite attività commerciali al dettaglio, di cui all'articolo 3 punti 4A1a e 4A1b1 nei limiti e nel rispetto di quanto disposto nell'allegato C, attività per la ristorazione e pubblici esercizi (v. articolo 3 punto 4A2), attività artigianali di servizio (v. articolo 3 punto 4A3), per la ristorazione, uffici, studi professionali, agenzie turistiche, immobiliari, bancarie, assicurative, ecc. (v. articolo 3 punto 5A)
- 32** Tali aree hanno parametri edilizi propri riportati nella tavola normativa relativa alla zona di appartenenza.
- 33** I parcheggi devono essere realizzati in sottosuolo o al piano terreno degli edifici.

8 Area M1

- 34** Isolati misti prevalentemente residenziali. Le attività nocive o moleste devono essere sostituite con la residenza o convertite ad usi compatibili con la stessa.
- 35** La destinazione è residenziale (v. articolo 3 punto 1A). Al piano interrato, terreno e primo sono consentite le attività commerciali al dettaglio di cui all'articolo 3 punti 4A1a e 4A1b1 nei limiti e nel rispetto di quanto disposto nell'allegato C, attività per la ristorazione e pubblici esercizi (v. articolo 3 punto 4A2), attività artigianali di servizio (v. articolo 3 punto 4A3), attività di produzione (purchè compatibili con la residenza in relazione all'inquinamento atmosferico e acustico, in applicazione delle specifiche disposizioni normative di settore) (v. articolo 3 punti 3A1 e 3A2) e di ricerca anche a carattere innovativo, agenzie bancarie, ecc. (v. articolo 3 punto 5A) e, anche ai piani superiori, studi professionali. A tutti i piani sono consentiti gli usi ricettivi (v. articolo 3 punto 2A).
- 36** I parametri di trasformazione urbanistici ed edilizi sono quelli della zona normativa di appartenenza. Le aree interne agli isolati, contestualmente a interventi di completamento, nuovo impianto e ristrutturazione urbanistica, devono essere liberate e riqualificate per formare spazi di verde privato. Contestualmente agli interventi di ristrutturazione edilizia e completamento è consentito il mantenimento dei bassi fabbricati a condizione che per le coperture degli stessi vengano adottate soluzioni esteticamente e ambientalmente migliorative. In presenza di residue capacità edificatorie dell'area, gli interventi di completamento, realizzabili solo su cortina, con mantenimento dei bassi fabbricati non possono eccedere il 10% della SLP ammissibile sul lotto, calcolata in base all'indice fondiario.

36 bis Gli interventi di sostituzione edilizia di edifici produttivi affacciatisi su spazi pubblici e di bassi fabbricati situati nelle aree interne agli isolati sono ammissibili solo se il risultato finale risulta qualitativamente compatibile con la residenza e quindi migliorativo della situazione iniziale e persegue un effettivo riordino edilizio.

- 37** I parcheggi devono essere realizzati in sottosuolo. Sono ammessi parcheggi in cortina edilizia con esclusione delle zone storico ambientali.

9 Area M2

- 38** Isolati o complessi di edifici a funzione mista con forte presenza di attività produttive.
- 39** La destinazione è produttiva (v. articolo 3 punti 3A1, 3A2 e 3B) con esclusione delle attività nocive o moleste. Sono consentite attività finalizzate alla ricerca scientifica, tecnologica e industriale (v. articolo 3 punto 8), attività commerciali, se esistenti, all'ingrosso (v. articolo 3 punto 4B) e il mantenimento degli usi residenziali in atto. Non sono consentiti incrementi di SLP residenziale, ad eccezione degli edifici uni e bifamiliari per i quali sono sempre consentiti modesti ampliamenti necessari al miglioramento funzionale degli stessi non eccedenti il 20% della SLP esistente. Sono consentiti 25 mq anche se eccedono tale

percentuale. Per le attività finalizzate alla ricerca scientifica, tecnologica, industriale, ecc. (v. articolo 3 punto 8), la concessione è sempre subordinata a convenzione ex articolo 49, comma 5, della L.U.R. con computo degli standards nella misura di 0,8 mq/mq. S.L.P..

40 I parametri di trasformazione urbanistici ed edilizi per usi non residenziali sono propri e riportati sulla tavola normativa della zona di appartenenza.

41 E' ammessa la realizzazione di parcheggi in sopra e sottosuolo. Nelle zone storico ambientali non è ammessa la costruzione di parcheggi in cortina.

10 Area MP

42 Isolati o complessi di edifici a destinazione mista produttiva: artigianale, commerciale, e servizi, anche in presenza di residenza.

Sono escluse le attività nocive o moleste.

43 Gli usi consentiti sono: attività commerciali al dettaglio di cui all'Articolo 3 punti 4A1a e 4A1b1 nei limiti e nel rispetto di quanto disposto nell'allegato C, artigianato di servizio e di produzione (v. Articolo 3 punti 4A3, 3A1 e 3A2), attività di ricerca, servizi per l'istruzione, culturali, assistenziali, di interesse generale, ecc. (v. articolo 3 punti 3B, 7 a, i, s e 8).

E' ammessa la permanenza dell'uso residenziale in atto. In caso di nuove edificazioni le attività complementari quali studi professionali, agenzie bancarie, ecc. (v. articolo 3 punto 5A) e la residenza (v. articolo 3 punto 1A) sono consentite per una quota non superiore al 30% della SLP totale.

Sugli edifici mono e bifamiliari sono sempre consentiti ampliamenti una tantum necessari al miglioramento funzionale degli stessi non eccedenti il 20% della S.L.P. legittimamente esistente. Sono consentiti mq 25 anche se eccedono tale percentuale.

44 I parametri di trasformazione urbanistici ed edilizi sono quelli della zona di appartenenza.

45 E' ammessa la realizzazione di parcheggi in sopra o sottosuolo.

11 Area IN

46 Edifici o complessi di edifici a destinazione produttiva inseriti in zone consolidate per attività produttive (v. articolo 14).

47 La destinazione è produttiva (v. articolo 3 punto 3). Sono consentite le attività di cui all'Articolo 3, punto 4, lett. B, le attività di ricerca di cui all'Articolo 3 punto 8 e le attività ed i servizi di cui all'articolo 3, punto 7, lett. a (con esclusione di residenze per anziani autosufficienti, centri di ospitalità, residenze sanitarie protette), i, s, cr, t, p.

48 I parametri di trasformazione urbanistici ed edilizi, le prescrizioni particolari e le modalità di attuazione sono quelli della zona urbana consolidata per attività produttive (v. articolo 14).

49 E' ammessa la realizzazione di parcheggi in sopra e sottosuolo.

12 Area CO

50 Aree o complessi di edifici a destinazione commerciale.

51 La destinazione è commerciale (v. articolo 3 punto 4A1, 4A2 e 4A3) nei limiti e nel rispetto di quanto disposto nell'allegato C. E' ammessa la destinazione terziaria (v. Articolo 3 punto 5) qualora l'area sia esterna agli addensamenti commerciali previsti dall'allegato: "Norme di attuazione e criteri per il rilascio delle autorizzazioni per l'esercizio del commercio al dettaglio".

51 bis I parametri di trasformazione urbanistici ed edilizi sono quelli della zona normativa di appartenenza, fatta eccezione per il rispetto del filo edilizio o stradale che non è prescritto. Per gli interventi di cui alle lett. d), e), f), g), i) dell'articolo 4 delle N.U.E.A. dovrà essere garantito il rispetto dei disposti di cui all'articolo 21, primo comma, punto 3 della L.U.R.

52 I parcheggi coperti devono essere realizzati in sottosuolo o anche in fabbricati multipiani purché coperti e ubicati nel corpo di fabbrica dell'edificio. Sono pertanto esclusi i parcheggi a cielo aperto.

12 bis Area Cc

52 bis Nelle aree normative cartograficamente individuate con la simbologia Cc (Commercio compatibile) sono ammesse oltre alle attività proprie anche attività commerciali (v. Articolo 3 punti 4A1, 4A2 e 4A3) nei

limiti e nel rispetto di quanto disposto nell'allegato C.

Per gli interventi relativi agli insediamenti commerciali i parametri di trasformazione urbanistici ed edilizi sono quelli della zona normativa di appartenenza e corrispondono ai parametri dell'area normativa principale.

Per tali insediamenti i parcheggi coperti devono essere realizzati in sottosuolo o anche in fabbricati multipiani, purché coperti e ubicati nel corpo di fabbrica dell'edificio. Sono pertanto esclusi i parcheggi a cielo aperto.

13 Area TE

53 Aree i complessi di edifici a destinazione terziaria.

54 54 - La destinazione è terziaria (v. articolo 3 punto 5). Sono consentite le attività espositive e congressuali (v. articolo 3 punto 6) e turistico - ricettive (v. Articolo 3 punto 2A).

E' inoltre sempre ammesso l'uso residenziale (v. Articolo 3 punto 1A).

Sono da ritenersi compatibili le destinazioni d'uso commerciali in atto alla data di approvazione del PRG vigente e nei limiti della SLP esistente, ai piani interrato, terreno, ammezzato e primo (di cui all'Articolo 3 punti 4A1a, 4A1b1, 4A2).

55 I parametri di trasformazione urbanistici ed edilizi sono quelli della zona normativa di appartenenza. Per gli interventi di cui alle lett. d), e), f), g), i) dell'articolo 4 delle N.U.E.A. dovrà essere garantito il rispetto degli standards nella misura di 0,8 mq/mq S.L.P..

56 I parcheggi ex articolo 18 L. 765/67 e successive modifiche e integrazioni devono essere realizzati almeno per il 70% nel sottosuolo.

14 Area AR

57 Aree o complessi di edifici a destinazioni ricettive, espositive e congressuali (v. articolo 3 punti 2A e 6).

57 bis Sono da ritenersi compatibili le destinazioni d'uso commerciali in atto alla data di approvazione del PRG vigente e nei limiti della SLP esistente, ai piani interrato, terreno, ammezzato e primo (di cui all'Articolo 3 punti 4A1a, 4A1b1, 4A2).

59 I parametri di trasformazione urbanistici ed edilizi sono quelli della zona normativa di appartenenza.

60 I parcheggi ex articolo 18 L. 765/67 e successive modifiche e integrazioni devono essere realizzati almeno per il 70% nel sottosuolo.

15 Area S

61 Aree a verde pubblico, a servizi pubblici ed a servizi assoggettati all'uso pubblico.

Nelle tavole di Piano in scala 1:5000 sono indicate le aree per servizi contraddistinte dalle medesime lettere indicanti le attività di servizio riportate all'articolo 3 punto 7.

62 - SERVIZI ZONALI ED ATTREZZATURE A LIVELLO COMUNALE PER INSEDIAMENTI RESIDENZIALI, PRODUTTIVI, DIREZIONALI, COMMERCIALI E TURISTICO RICETTIVI (ARTICOLO 21 LUR)

i. Aree per l'istruzione inferiore.

a. Aree per attrezzature di interesse comune.

v. Aree per spazi pubblici a parco per il gioco e lo sport.

p. Aree per parcheggi (reperibili anche in strutture multipiano e nel sottosuolo).

am. Mercati e centri commerciali pubblici.

ar. Servizi tecnici e per l'igiene urbana (compresi gli ecocentri).

63 - SERVIZI SOCIALI ED ATTREZZATURE DI INTERESSE GENERALE (ARTICOLO 22 LUR) s. Aree per l'istruzione superiore.

h. Aree per le attrezzature sociali, sanitarie ospedaliere.

v. Aree per parchi pubblici urbani e comprensoriali.

64 - SERVIZI SOCIALI E ATTREZZATURE DI INTERESSE GENERALE OLTRE ALLE QUANTITÀ MINIME DI LEGGE:

u. Istruzione universitaria.

- cr. Aree per centri di ricerca.
- e. Aree per residenze collettive.
- t. Aree per attrezzature e impianti tecnologici.
- m. Aree per impianti di interesse militare.
- c. Aree per cimiteri.
- f. Aree per uffici pubblici.
- ac. Aree per campeggi.
- an. Aree per campi nomadi.
- as. Aree per spettacoli viaggianti.
- z. Aree per altre attrezzature di interesse generale.
- o. Attrezzature per lo spettacolo: cinema, teatri, ecc. (v. articolo 3 punto 11 A 3) (v. articolo 3 punto 11 A 3)*
- 65** Sono tra loro compatibili le attività incluse in ciascuno dei seguenti gruppi:
- "i" (istruzione inferiore), "s" (istruzione superiore), "a" (attrezzature di interesse comune) ed "e" (residenze collettive).
 - "u" (istruzione universitaria) e "cr" (centri di ricerca).
 - "u" (istruzione universitaria) ed "e" (residenze collettive).
 - "f" (uffici pubblici) e "z" (attrezzature di interesse generale).
- 66** È ammessa la concessione in uso temporaneo da parte della città di aree a servizi pubblici di proprietà comunale ed indicate in cartografia con il simbolo "v" per spettacoli viaggianti e manifestazioni culturali, sportive, ricreative, fieristico espositive e relative attrezzature.
- 67** E' ammessa la concessione in uso temporaneo da parte della città di aree a servizi pubblici di proprietà comunale ed indicate in cartografia con il simbolo "v" per spettacoli viaggianti e manifestazioni culturali, sportive, ricreative, fieristico espositive e relative attrezzature.
- 67 bis** Annullato "ex officio" dalla Regione Piemonte
- 16 Area SP**
- 68** Area a servizi privati di interesse pubblico. Nelle tavole di Piano in scala 1:5000 sono indicate le aree a servizi privati contraddistinte da lettere indicanti le attività di servizio previste (v. articolo 3 punto 7).
- a. Servizi per l'istruzione, attrezzature sociali, assistenziali, per residenze collettive, per attività sanitarie, sportive, culturali (v. articolo 3 punti 7*i, s, a, e, h, v, u, cr, b).
 - v. Impianti e attrezzature sportive (v. articolo 3 punto 7v).
 - o. Attrezzature per lo spettacolo: teatri, cinema, ecc. (v. articolo 3 punto 7o).
 - b. Fondazioni culturali.
 - ac. Campeggi.
- 69** I parametri di trasformazione urbanistici ed edilizi sono quelli della zona normativa di appartenenza.
- 70** E' sempre ammessa la realizzazione di parcheggi. A supporto delle attrezzature di nuova realizzazione ammesse dal piano dovranno essere reperiti adeguati spazi per il parcheggio, nel rispetto delle vigenti disposizioni in materia e delle norme di sicurezza.
- 71** Nelle aree per servizi privati compresi nella zona urbana centrale storica sono consentite ai piani interrati, al piano terreno ed ammezzato le attività commerciali al dettaglio, di cui all'Articolo 3 punti 4A1a, attività per la ristorazione e pubblici esercizi (v. Articolo 3 punto 4A2), attività artigianali di servizio (v. Articolo 3 punto 4A3), studi professionali, agenzie bancarie, immobiliari, ecc. (v. Articolo 3 punto 5A) e al piano terreno è altresì consentito l'uso a parcheggio.
- 71 bis** Per le attrezzature per lo spettacolo "o" sono fatte salve le disposizioni di cui all'Articolo 3 punto 11 comma 19 bis.
- 17 Area VI**
- 72** Aree non edificate e relativo sottosuolo destinate alla viabilità, al trasporto pubblico ed alla circolazione. Sono ammesse destinazioni a parcheggi e autorimesse in sottosuolo previa convenzione con la città.

72 bis Negli spazi sottostanti i cavalcavia e compresi nella relativa proiezione planimetrica, sono sempre ammesse attività di servizio (di cui all'Articolo 3 punto 7).

18 Area FS

73 Le aree per impianti ferroviari in sopra e sottosuolo: indicate nelle tavole di piano in scala 1:5000. Su dette aree e nel sottosuolo di tutto il territorio comunale sono ammesse le opere e gli interventi connessi all'attività e all'esercizio ferroviario e relativi collegamenti in soprasuolo, purchè siano integralmente garantite le previsioni di piano e i progetti di sistemazione dello spazio pubblico.

19 Aree AT

74 Aree da trasformare comprese nella zona centrale storica in cui sono consentiti gli interventi e le destinazioni d'uso descritte nell'articolo 10 e nell'apposita scheda.

20 Parcheggi, cabine e impianti tecnologici

75 In tutte le aree normative sopra elencate, fatta eccezione per le aree "S" per le quali si rimanda all'articolo 19, sono ammessi i parcheggi pubblici e privati afferenti alle attività ammesse dal P.R.G. (v. articolo 3 punto 9) da realizzarsi solo interrati ove specificatamente prescritto. In tale caso deve essere garantita la sistemazione del soprasuolo secondo le destinazioni e prescrizioni di piano. I parcheggi possono essere anche afferenti ad attività diverse da quelle ammesse dal P.R.G. per le relative aree normative, purchè realizzati nel sottosuolo senza compromettere l'uso del suolo previsto dal P.R.G. stesso.

76 Sono inoltre ammessi, in tutte le aree normative, in sopra e sottosuolo, cabine e impianti tecnologici minori, purchè non nocivi e molesti, anche in attuazione del piano energetico comunale di cui alla L.10/91.

21 Area APP (area delle Porte Palatine)

77 Area compresa nella zona urbana centrale storica in cui sono consentiti gli interventi e gli usi descritti nell'Articolo 10 e nella relativa scheda.

* Variante 8 - Approvata con deliberazione C.C. n.192 del 11/10/1999

Articolo 10 - Zona urbana centrale storica

1 Il Piano definisce "zona urbana centrale storica" la parte di città individuata nelle tavole di piano in scala 1:1000 e 1:5000, delimitata dai corsi:

Regina Margherita, San Maurizio, Lungo Po Cadorna, Lungo Po Diaz, Cairoli, Vittorio Emanuele, via Saluzzo, via San Pio V, Porta Nuova, via Magenta, Re Umberto, Vittorio Emanuele II, Bolzano, piazza XVIII Dicembre, via Santarosa, piazza Statuto e Principe Eugenio.

2 All'interno di tale zona gli interventi sono finalizzati alla tutela dell'architettura e dell'ambiente attraverso una corretta lettura, dei valori storici, delle trasformazioni urbane e delle vicende che, nel tempo, hanno plasmato la città'.

3 La zona urbana centrale storica individuata dal Piano viene classificata come "insediamento urbano avente carattere storico-artistico e ambientale" ai sensi e per gli effetti dell'articolo 24 della L.U.R. (comma 1, punto 1); tale zona è classificata di cat.A secondo il D.M. 2.4.68 n.1444 e di recupero ai sensi e per gli effetti dell'articolo 27 e seguenti della Legge 457/1978.

A. Individuazione dei gruppi di edifici

4 Nelle tavole di piano in scala 1:1000 sono individuati i seguenti gruppi di edifici:

5 1) Edifici di gran prestigio comprendono:

- residenze reali
- palazzi rappresentativi
- edifici per governo e servizi del '600 e '700
- edifici simbolici
- chiese

6 2) Edifici di rilevante interesse comprendono:

- palazzi nobiliari

- edifici residenziali del '600 e '700
 - edifici per abitazioni collettive (collegi, convitti, conventi)
 - palazzine e ville con giardino
 - edifici residenziali in tessuto medioevale con successive riplasmazioni e adattamenti
- 7** 3) Edifici della costruzione ottocentesca della città
comprendono gli edifici realizzati secondo regole edificatorie ottocentesche e dei primi anni del '900, progettati per finalita' diverse come:
- edifici residenziali
 - edifici per servizi ed uffici
 - edifici per abitazioni ed attivita' di servizio, artigianali o produttive
- 8** 4) Edifici del complesso di via Roma
comprendono gli edifici realizzati su progetto unitario nel periodo tra le due guerre intorno all'asse di via Roma
- 9** 5) Edifici del periodo tra le due guerre
comprendono gli edifici che hanno integrato e completato la costruzione ottocentesca della citta', nel periodo tra le due guerre, progettati per finalita' diverse come:
- edifici residenziali
 - edifici per servizi ed uffici
- 10** 6) Edifici recenti
comprendono gli edifici costruiti dopo il 1945
- 11** Inoltre le tavole di piano in scala 1:1000 individuano nei gruppi di edifici sopradescritti condizioni particolari relative alla qualita' delle presenze storiche, suddivise in:
- a) Tessuti ad alta densita' edilizia
comprendono isolati o parti di isolati in cui la sovrapposizione degli interventi avvenuti in epoche diverse ha determinato una consistente densita' edilizia.
Sono presenti nel gruppo di edifici di rilevante interesse (gruppo 2).
- b) Tessuti "minori" residui
comprendono edifici e maniche interne ai cortili che appartengono all'architettura povera tipica delle cellule di impianto medioevale o dei manufatti ottocenteschi per attivita' produttive e di servizio alla residenza.
Sono presenti nel gruppo di edifici di rilevante interesse (gruppo 2) e della costruzione ottocentesca della città (gruppo 3).
- B. Individuazione delle parti degli edifici**
- 12** Gli edifici della zona urbana centrale storica sono disciplinati in relazione alle seguenti parti, a cui fanno riferimento i tipi di intervento ammessi:
- 13** - Esterno degli edifici su spazi pubblici comprende gli eventuali portici, le fronti con i relativi risvolti e raccordi, le coperture (orditura, falde, terrazze, abbaini, sistemi di camini e altri elementi accessori), prospettanti su spazio pubblico o in continuita' visiva con esso.
- 14** - Sistema distributivo
comprende gli ambienti di ingresso e di distribuzione principale orizzontale (anditi, androni, porticati, logge e gallerie) e gli ambienti di distribuzione verticale (scaloni e scale interne ed esterne).
- 15** - Cortili, giardini privati e fronti degli edifici verso tali spazi
comprendono le superfici scoperte, pavimentate o piantumate e le fronti interne degli edifici che le delimitano o in continuita' visiva con esse; le fronti comprendono i risvolti, i raccordi e le coperture (orditura, falde, terrazze, abbaini, sistemi di camini e altri elementi accessori).
- 16** - Interno dei corpi di fabbrica
comprende gli ambienti delimitati dalle fronti interne ed esterne degli edifici e dalla copertura ad esclusione

degli ambienti che costituiscono il sistema distributivo principale.

C. Descrizione delle qualità relative alle parti degli edifici

- 17** Ciascuna parte dell'edificio e' contraddistinta da specifiche qualità di valore architettonico e urbano, in base alle quali vengono differenziati i tipi di intervento ammessi.
- 18** Qualità relative all'esterno degli edifici su spazi pubblici
- Fronti di complessi urbani di "uniforme architettura" o uniformate da particolari regole e fronti di edifici di notevole pregio (evidenziate nella tavola in scala 1:1000).
 - Fronti di edifici caratterizzanti ambienti urbani (evidenziate nella tavola in scala 1:1000).
 - Altre fronti.
- 19** Qualità relative al sistema distributivo
- Androni costituenti dilatazioni spaziali della scena urbana ed elementi di collegamento con spazi di cortile e di giardino privato o con importanti spazi coperti (evidenziati nella tavola in scala 1:1000).
 - Altri androni.
 - Scale "padronali" e di rappresentanza limitate al "piano nobile", scale sei e settecentesche con tromba ed archi rampanti sostenuti da pilastri e colonne; scale principali sviluppate oltre il "piano nobile", collegate con gli androni, direttamente o a mezzo di porticati.
 - Altre scale, principali o secondarie, di scarso valore architettonico, con accesso dal cortile o dalla strada.
- 20** Qualità relative a cortili, verdi privati ed esterni degli edifici verso tali spazi
- Spazi di cortile e giardino privato improntati ad un chiaro disegno architettonico rispondente ad intenzioni di prestigio (evidenziati nella tavola in scala 1:1000).
 - Spazi di cortile e giardino risolti con interventi architettonici coerenti (evidenziati nella tavola in scala 1:1000).
 - Altri spazi di cortile e giardino.
- 21** Qualità relative all'interno dei corpi di fabbrica
- Interni di edifici vincolati ai sensi della legge 1089/39; interni di edifici individuati dal Piano come di gran prestigio appartenenti al gruppo 1 (evidenziati nella tavola in scala 1:1000).
 - Altri interni.

D. Tipi di intervento

- 22** All'interno della zona urbana centrale storica, gli interventi ammessi sugli edifici sono indicati nella "Tabella dei tipi di intervento". Essi devono essere attuati secondo le definizioni dell'allegato A riferite alle 4 parti in cui sono stati contraddistinti gli edifici e alle relative qualità riconosciute e indicate in cartografia. Gli interventi descritti nella precedente tabella sono integrati dalle seguenti specificazioni:
- 23** La manutenzione ordinaria e straordinaria e' sempre ammessa secondo le definizioni contenute nei punti 1 e 2 dell'allegato A. Per gli edifici o le parti soggette a restauro conservativo le opere di manutenzione ordinaria e straordinaria devono rispettare le prescrizioni del punto 3 dell'allegato A.
- 24** Nei sottotetti e' ammessa la realizzazione di locali destinati ad uso residenziale. Il conseguente incremento di S.L.P. dovuto all'utilizzo a fini residenziali di orizzontamenti già esistenti è in questi casi sempre ammesso e si configura come intervento di restauro e risanamento conservativo. L'incremento di S.L.P. nei locali sottotetto conseguente alla realizzazione di nuovi orizzontamenti si configura come un intervento di ristrutturazione edilizia.
- 25** La predisposizione di ricoveri auto al coperto o in sottosuolo è consentita alle condizioni indicate nell'allegato A.
- 26** All'interno dei cortili e' sempre ammessa la demolizione degli edifici o parti di edifici recenti, dei bassi fabbricati e delle autorimesse recenti o che risultino chiaramente come superfetazioni incongrue rispetto alla caratterizzazione storico architettonica dell'ambiente.
Il recupero delle parti demolite e' ammesso, limitatamente ai cortili di tipo c ove e' consentita la ristrutturazione edilizia, entro i limiti della quantità di S.L.P. esistente e, per i tessuti ad alta densità, entro

- i limiti dei 2/3 della quantità di S.L.P. esistente, così come definita all'articolo 2.
- L'altezza delle fronti dei fabbricati verso i cortili, oggetto di riplasmazione e ricostruzioni, non potrà essere maggiore di 1,5 volte rispetto alla larghezza dei cortili su cui essi prospettano e comunque non potrà superare la quota di 18 m.; in ogni caso non potrà essere superata la massima altezza dei fabbricati esistenti prospettanti sui cortili.
- Le modalità di utilizzazione della S.L.P. derivante dall'eliminazione o riplasmazione di fabbricati o bassi fabbricati interni ai cortili, ove consentite dal Piano, sono descritte nell'Allegato A (ristrutturazione edilizia, punto 5.3.e) e, per i gruppi di edifici n. 2 e 3, sono ulteriormente precisate ai commi 27, 28 e 29.
- 27** Per i gruppi di edifici n. 2 e 3, è ammessa la ristrutturazione edilizia riferita a parti limitate di organismi edilizi, consistenti in fabbricati o bassi fabbricati recenti o incongrui rispetto alla caratterizzazione storica (riscontrabili nella documentazione di rilievo), prospettanti su cortili di tipo "c", anche con modificazioni di tali volumi, nel rispetto della quantità di S.L.P. esistente e delle ulteriori prescrizioni descritte al comma 26 e nell'Allegato A.
- Gli interventi che prevedano l'eliminazione o la riplasmazione delle superfetazioni e delle parti incongrue devono essere finalizzati al ripristino del disegno originario dei cortili o di un disegno coerente ai caratteri storico architettonici, senza pregiudicare il recupero delle parti non oggetto dell'intervento.
- 28** Nei tessuti ad alta densità, è ammessa la ristrutturazione edilizia riferita a parti limitate di organismi edilizi consistenti in fabbricati recenti, maniche e bassi fabbricati incongrui o di scarso rilievo rispetto alla caratterizzazione storica (riscontrabili nella documentazione di rilievo), prospettanti su cortili di tipo c, anche con demolizioni e modificazioni di tali volumi.
- Gli interventi devono essere finalizzati alla eliminazione delle parti incongrue e al miglioramento delle condizioni abitative e della qualità dell'ambiente; devono inoltre rispettare la caratterizzazione storico architettonica degli spazi semplici e aggregati dei cortili e consentire il recupero delle parti non oggetto di intervento.
- Il recupero delle parti demolite è ammesso entro i limiti dei 2/3 della quantità di S.L.P. esistente e nel rispetto delle ulteriori prescrizioni descritte al comma 26 e nell'Allegato A.
- In alternativa, la ricostruzione di tutta la S.L.P. demolita può essere realizzata nelle zone urbane di trasformazione di cui all'articolo 15, individuate prima della demolizione con le modalità ivi prescritte, laddove è consentito l'innalzamento dell'indice di edificabilità da 0,7 a 0,8 mq S.L.P./mq S.T. e con la convenzione attuativa di cui all'Articolo 7 comma 14.
- 29** Nei tessuti "minori" residui è ammessa la ristrutturazione edilizia riferita a parti limitate di organismi edilizi consistenti in edifici o parti di edifici incongrui o di scarso rilievo rispetto alla caratterizzazione storica (riscontrabili nella documentazione di rilievo e nell'esame filologico delle parti) prospettanti su cortili di tipo c, anche con modificazioni di tali volumi, nel rispetto della quantità di S.L.P. esistente e delle ulteriori prescrizioni descritte al comma 26 e nell'Allegato A.
- Gli interventi non devono in nessun modo compromettere gli elementi di pregio o di interesse storico presenti, né pregiudicare il recupero degli edifici o delle parti non oggetto dell'intervento.
- In caso di sovrapposizione in cartografia delle condizioni di alta densità e di tessuti "minori" residui, prevalgono le norme relative ai tessuti ad alta densità.
- 30** Per gli edifici del periodo tra le due guerre (gruppo 5) e gli edifici recenti (gruppo 6), in assenza di qualità delle parti relative all'esterno di edifici su spazi pubblici, è ammessa la demolizione degli edifici esistenti e la loro contestuale ricostruzione; essa deve avvenire nel rispetto dei fili stradali, della SLP preesistente, di una altezza massima di 18 metri e comunque non superiore alla maggiore altezza degli edifici adiacenti in cortina e di uno spessore di manica massimo di 14 metri, con la possibilità di mantenere le distanze preesistenti dalle proprietà confinanti e trasferire in cortina le SLP dei fabbricati interni.
- 31** Negli edifici in cui interventi successivi e impropri abbiano compromesso i caratteri storico architettonici,

le prescrizioni relative ai tipi di intervento si intendono riferite soltanto alle parti dell'edificio che ancora presentino le caratteristiche proprie degli edifici storici; per le parti compromesse, riscontrabili nella documentazione di rilievo dello stato attuale, sono consentiti gli interventi di ristrutturazione edilizia, secondo le prescrizioni dell'allegato A, alla condizione che non entrino in contrasto con le indicazioni di piano sulle restanti parti dell'edificio e con i caratteri e l'impianto storicamente consolidato dei fabbricati.

- 32** Nel caso in cui venga dimostrato, attraverso idonea documentazione, l'errato inserimento di un edificio rispetto al gruppo di edifici di appartenenza, i tipi di intervento ammessi sull'edificio saranno individuati con deliberazione dell'Amministrazione Comunale, assunta ai sensi dell'articolo 17, commi 6 e 7 della L.U.R.

Essi dovranno comunque rientrare tra quelli previsti per la zona centrale e dovranno ottenere parere consultivo della Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici del Piemonte.

Nel caso in cui venga dimostrata, attraverso idonea documentazione, la condizione di oggettivo degrado di un edificio che ne pregiudichi il recupero, l'Amministrazione Comunale, con propria deliberazione, assunta ai sensi dell'articolo 17, commi 6 e 7 della L.U.R., potrà autorizzare interventi diversi da quelli previsti, nel rispetto della S.L.P. esistente e degli ulteriori parametri definiti dall'Amministrazione stessa.

- 33** La realizzazione delle opere dirette al superamento delle barriere architettoniche è consentita ai sensi e nei limiti previsti dalle leggi vigenti in materia.

Le opere dovranno essere attuate, per quanto possibile, nel rispetto delle prescrizioni dell'allegato A e delle indicazioni di piano.

E. Aree da trasformare

- 34** Sono le aree (indicate nelle tavole di piano in scala 1:1000) per le quali il piano prevede interventi di riqualificazione dell'ambiente storico attraverso la demolizione di edifici, la costruzione di nuovi edifici, la riplasmazione e il riuso degli edifici esistenti.

I parametri di trasformazione urbanistici ed edilizi e le destinazioni d'uso sono descritti nelle schede allegate.

Tali interventi sono definiti di completamento ai sensi dell'articolo 13, terzo comma, lettera f) della L.U.R.

F. Area delle Porte Palatine

- 35** Il piano individua l'"area delle Porte Palatine" (evidenziata nelle tavole di piano in scala 1:1000). Per tale area, che comprende importanti resti dell'epoca romana, come la Porta Palatina, il teatro e le mura, è previsto un progetto specifico di riqualificazione e valorizzazione.

Gli obiettivi e gli indirizzi che regolano il progetto sono descritti in un'apposita scheda allegata.

G. Modalità attuative

- 36** Nella zona urbana centrale storica gli interventi si attuano attraverso il rilascio di autorizzazioni e concessioni, secondo le leggi vigenti, in relazione ai tipi di intervento previsti e descritti all'allegato A.

Fanno eccezione gli interventi previsti sull'area da trasformare n. 4, che sono assoggettati alla formazione di strumento urbanistico esecutivo di iniziativa pubblica.*

- 37** Per gli interventi nelle aree da trasformare descritti nelle schede allegate n. 4, 5, 12, 18, 25 che richiedono comunque la creazione di nuove opere di urbanizzazione od il coordinamento di operatori pubblici e privati per la realizzazione delle stesse, le previsioni di piano si attuano mediante concessione convenzionata - ex Articolo 49 quinto comma della L.U.R. - che disciplini la cessione gratuita alla città delle aree destinate a servizi (ai sensi dell'articolo 21 della L.U.R.), limitatamente alla SLP eccedente quella ammessa da un indice convenzionale di 2 mq/mq, sul lotto di proprietà oggetto dell'intervento, o dove il piano individua e localizza le aree ed i servizi da realizzare.

In alternativa alla dismissione, è ammessa la monetizzazione delle aree a servizi come previsto dall'Articolo 6.

- 37 bis** Gli interventi previsti su tutte le aree da trasformare devono essere sottoposti al parere vincolante della Commissione Regionale per i Beni Culturali e Ambientali di cui all'Articolo 91 bis della L.U.R..

- 38** Per gli interventi di ristrutturazione edilizia, di demolizione e ricostruzione e per gli interventi nelle aree da trasformare non è richiesto il rispetto degli articoli 38, 41 e 42 del R.E. e dei corrispondenti parametri edilizi del Regolamento di Igiene.
- 39** Gli interventi attuati ai sensi dell'articolo 26 L. 47/85 devono essere esplicitamente ricondotti alle definizioni specificate nell'allegato A, in relazione al gruppo di edifici di appartenenza e agli interventi ammessi dalla "Tabella dei tipi di intervento".
Non è consentita l'applicazione dell'articolo 26 L. 47/85 per gli interventi da attuarsi sugli edifici compresi negli elenchi previsti dalla legge 1089/39 o su quelli compresi nel gruppo 1 descritti all'articolo 10.
- 40** Gli edifici di gran prestigio (gruppo 1) sono classificati dal piano di interesse storico artistico ai sensi dell'articolo 24 della LUR (comma 1, punto 2).
Gli edifici con "Esterno degli edifici su spazi pubblici" e/o "Cortili, giardini privati e fronti verso tali spazi" di tipo "a", compresi negli edifici di rilevante interesse (gruppo 2) e negli edifici della costruzione ottocentesca della città (gruppo 3) sono classificati dal Piano come edifici aventi valore storico-artistico ai sensi dell'articolo 24 della L.U.R. (comma 1, punto 2).
- 41** I progetti presentati per l'ottenimento di autorizzazioni e concessioni possono essere estesi all'intera cellula o a una parte di essa.
- 42** Il progetto riguardante l'intera cellula, o più cellule confinanti, deve prevedere uno studio di insieme esteso ad una parte sufficientemente ampia, tale da dimostrare i legami d'insieme e il corretto inserimento dell'intervento rispetto ai caratteri storico architettonici dell'ambiente.
- 43** Il progetto riguardante parte della cellula non deve essere limitato alle sole parti oggetto dell'intervento, ma deve essere esteso nella misura necessaria a dimostrare la coerenza dell'intervento con i caratteri architettonici e le modalità costruttive degli edifici compresi nella cellula, con particolare attenzione per le parti comuni.
- 44** Quando un intervento preveda la demolizione di parti o di corpi di fabbrica, o il ridisegno di fronti e maniche interne, in particolare se compresi in tessuti "minori" o ad alta densità, è necessario presentare uno studio di insieme che permetta di valutare il corretto inserimento dell'intervento all'interno di un ambito storico.
A tale fine è richiesta la dimostrazione di un'accurata lettura filologica delle parti interessate dall'intervento, finalizzata alla comprensione dei processi di formazione e stratificazione storica degli edifici e degli spazi di cortile.
Tale studio di insieme deve essere prodotto anche in caso di interventi su edifici complessi.
- 45** Per le opere subordinate al rilascio di autorizzazione o di concessione occorre presentare una documentazione dello stato di fatto insieme al progetto, secondo le modalità specificate nell'allegato A per ogni tipo di intervento.
- 46** Gli interventi attuati ai sensi dell'articolo 26 L.47/85 devono essere documentati con elaborati atti a dimostrare la rispondenza dei tipi di intervento con le definizioni dell'allegato A, quali: una documentazione fotografica delle parti oggetto dell'intervento, una dettagliata relazione illustrativa di tutte le opere da eseguire ed elaborati grafici con la chiara rappresentazione delle opere stesse.

* Modifiche ai sensi dell'Articolo 17 - Deliberazione. C.C. n. 4/97 del 7/1/1997

Articolo 13 - Zone a verde privato con preesistenze edilizie (parte piana)

- 1** Il piano classifica zone a verde privato con preesistenze edilizie l'insieme delle aree caratterizzate da edifici circondati da verde ed inseriti prevalentemente nelle zone consolidate residenziali miste.
I caratteri naturalistici richiedono interventi mirati alla manutenzione dell'ambiente e dei manufatti esistenti.
Le zone a verde privato con preesistenze edilizie sono individuate nelle tavole di piano in scala 1:5000.

Le aree sono contraddistinte in cartografia da specifiche lettere (v. Articolo8).

Le aree residenziali non sono contraddistinte da lettera e sono riconducibili alle aree normative R1*.

L'indice di edificabilità fondiaria massimo e' di 0,001 mq SLP/mq SF, utilizzabile per l'ampliamento degli edifici residenziali esistenti, in aggiunta alla SLP esistente, che viene confermata.

2 Annullato

3 Negli interventi che prevedono la ristrutturazione e sostituzione edilizia la nuova superficie coperta deve essere contenuta entro la sagoma planimetrica dell'edificio preesistente.

Tali interventi sono fattibili posto il rispetto dei seguenti parametri:

Altezza massima: m. 12 nel rispetto del R.E.

Distanza da confini privati: > m. 6.

Rapporto di copertura: 1/3 del lotto.

Distanza tra fabbricati: > m. 12

Il 50% del lotto deve essere sistemato a verde.

Tutti gli interventi devono salvaguardare l'impianto arboreo preesistente.

4 Per gli edifici di particolare interesse storico e per gli edifici caratterizzanti il tessuto storico vigono le norme di tutela ed i tipi di intervento particolari riportati all'articolo 26 e descritti nell'allegato A.

I parcheggi devono essere realizzati nel sottosuolo.

5 Nel Castello del Drosso e della Saffarona sono consentiti, oltre gli usi residenziali (v. articolo 3 punto 1A), le attività ricettive (v. articolo 3 punto 2A), le attrezzature sportive, per lo spettacolo e ricreative in genere (v. articolo 3 punto 7 lettera v).

Nell'Abbadia di Stura sono consentite esclusivamente le attività di servizio alle persone e alle imprese (v. articolo 3 comma 20).

Devono essere salvaguardate le preesistenze storiche di valore ambientale, architettonico, storico e documentale.

Per tutti i nuovi usi consentiti deve essere assicurata una adeguata dotazione di parcheggi, secondo le specifiche disposizioni in vigore.

6 Le zone a verde privato con preesistenze edilizie sono classificate di categoria B secondo il D.M. 2/4/1968 n. 1444, ad eccezione del Castello del Drosso, della Saffarona e dell'Abbadia di Stura che sono classificati di tipo A.

7 Il piano si attua attraverso autorizzazione o concessione singola senza obbligo di convenzionamento, fatta eccezione per gli interventi finalizzati al nuovo uso delle strutture dei complessi del Castello del Drosso, della Saffarona e dell'Abbadia di Stura per fini ricettivi, per attività sportive e per lo spettacolo, che sono subordinati alla redazione di un Piano di Recupero di iniziativa pubblica o privata esteso all'intero complesso edificato e alle aree di pertinenza.

Articolo 17 - Zone a verde privato con preesistenze edilizie

Il piano classifica zone a verde privato con preesistenze edilizie l'insieme delle aree caratterizzate dalla presenza di verde e da limitata edificazione.

I caratteri naturalistici dei luoghi richiedono interventi mirati alla riqualificazione dell'ambiente e dei manufatti esistenti.

Le zone a verde privato con preesistenze edilizie sono individuate nelle tavole di piano in scala 1:5000.

La destinazione d'uso e' residenziale, salvo diverse indicazioni contraddistinte in cartografia da specifiche lettere (v. Articolo8).

L'indice di edificabilità fondiario massimo e' di 0,001 mq/mq.

Sugli edifici esistenti sono ammessi interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo e ristrutturazione edilizia e ampliamenti a saturazione dell'indice.

E' ammesso l'ampliamento dei fabbricati esistenti in misura non superiore a mq 150, oltre le quantità consentite dall'indice fondiario, mediante utilizzo delle capacità edificatorie derivanti dalle aree a verde privato non edificate

dei fondi contigui.

L'utilizzo di tale capacità edificatoria deve risultare da specifico atto di asservimento, registrato e trascritto, in cui sia sancito che l'area asservita non può più essere ritenuta disponibile per ulteriore utilizzazione edificatoria.

Per questi interventi devono essere rispettati i parametri edilizi relativi alle aree normative R6 riportati alla Tav. normativa 4.

Per gli edifici di particolare interesse storico e caratterizzanti il tessuto storico vigono le norme di tutela ed i tipi di intervento particolari riportati all'articolo 26 e descritti nell'allegato A.

Sono ammesse costruzioni nel sottosuolo per autorimesse e relative rampe di accesso e locali tecnici.

Tutti gli interventi devono essere particolarmente attenti a non alterare l'ambiente circostante; deve essere salvaguardato l'impianto arboreo preesistente.

Al fine di tutelare l'attività delle aziende agricole esistenti sono ammessi ampliamenti di attrezzature afferenti alle attività agricole, ai soli soggetti di cui al comma 4 dell'articolo 25 della L.U.R. e s.m.i.

Sono fatte salve le eventuali condizioni di inedificabilità dei suoli (v. Articolo5).

Le zone a verde privato con preesistenze edilizie sono classificate di categoria C secondo il D.M. 2 aprile 1968 n. 1444.

Il piano si attua attraverso autorizzazione e concessione singola.

Gli interventi ricadenti in aree a verde privato con preesistenze edilizie localizzate all'interno del Parco Regionale di Superga devono essere congruenti con l'articolato della L.R. 55/91 istitutiva del Parco stesso.

Articolo 19 - Aree per servizi: generalità

Le disposizioni del presente articolo valgono per la generalità delle aree per servizi disciplinate ai successivi articoli 20 - 21 - 22.

- 1** Il piano individua nelle tavole in scala 1:5000 le aree per servizi con le relative destinazioni secondo le tipologie indicate all'Articolo8 (area S).
- 2** Ai fini degli standards ex Articolo 21 e 22 della LUR sono computabili le superfici per le quali è prevista l'acquisizione da parte della Pubblica Amministrazione o degli Enti istituzionalmente competenti alla realizzazione delle opere e quelle private per le quali è previsto l'assoggettamento all'uso pubblico nella percentuale stabilita dagli strumenti urbanistici esecutivi del P.R.G., ivi comprese le convenzioni ex articolo 49 comma 5 della L.U.R. e i comparti di intervento soggetti alla disciplina dell'articolo 46 della L.U.R.
- 3** Le aree per servizi indicate dalla legislazione vigente rappresentano la dotazione minima; è fatta salva da parte dell'Amministrazione l'elevazione di detto minimo a seconda delle particolari situazioni o prescrizioni individuate nell'ambito di Strumenti Urbanistici Esecutivi e di concessioni convenzionate ex articolo 49 comma 5 della L.U.R.
- 4** L'intervento sulle aree a servizio è riservato in via principale alla Pubblica Amministrazione o agli Enti istituzionalmente competenti.
- 5** È ammesso l'intervento diretto del privato per la realizzazione di strutture di uso pubblico solo previa redazione di specifica convenzione regolante il regime giuridico del suolo, nonché le modalità e le forme di utilizzazione del bene che garantiscano la fruibilità pubblica.
- 6** È altresì ammesso l'intervento da parte di privati, su aree di proprietà pubblica, sulla base di concessioni da parte dell'Ente proprietario dell'area, che regolino con convenzione le modalità per l'esecuzione ed eventualmente la gestione e l'uso delle opere previste.
- 7** Alle attrezzature di servizio ex Articolo 21 e 22 della L.U.R. si applicano i parametri edilizi della zona normativa di appartenenza, fatta eccezione per quelli indicati all'Articolo 2 punto 34 lettere "h" e "i" (distanza dal filo stradale o dal filo di fabbricazione e spessore del corpo di fabbrica).
Alle attrezzature di interesse generale di cui all'Articolo8 punto 15 capoverso 64 si applicano, oltre ai parametri edilizi di cui sopra, anche i parametri di trasformazione urbanistici della zona normativa di appartenenza fatta eccezione per quello indicato all'Articolo 2 punto 34) lettera e) (dotazione di servizi

prevista nel Piano). In sostituzione si richiede di produrre una specifica relazione tecnica che verifichi sotto il profilo funzionale, in relazione al tipo di attrezzatura in progetto, la copertura del fabbisogno di servizi. In ogni caso andrà garantita una dotazione minima di parcheggi corrispondente almeno al fabbisogno espresso ai sensi dell'Articolo 41 sexies della L. 17/8/42 n. 1150 come modificato dall'Articolo 2 della L. 24/3/89 n. 122, e comunque non inferiore al 40% della S.L.P. della attrezzatura in progetto.

Le aree individuate all'interno del perimetro del Centro Agro-Alimentare Torinese (CAAT) di cui all'accordo di programma approvato con D.P.G.R. 16 gennaio 95, n. 169 hanno la destinazione d'uso coincidente con quella prevista dallo specifico progetto.

I servizi ricadenti nelle zone collinari hanno i parametri urbanistici ed edilizi della zona consolidata R7, secondo le indicazioni della Tavola normativa n. 4. Fa eccezione l'area destinata ad attrezzature di interesse generale "z", sita in viale Settimio Severo 63 - Villa Gualino, il cui indice di edificabilità fondiario massimo è fissato in mq/mq 0,33 .*nota1)

8 Nelle aree a verde e a parco (v. Articolo8 - Area S "v") sono ammesse unicamente le aree a parcheggio in fregio a sedi stradali per la profondità di m.10 dal filo strada, le attrezzature sportive e le attività quali chioschi ed edicole per attività di tipo commerciale (v. articolo 31), fatto salvo quanto meglio e ulteriormente specificato all'articolo 21. Tali interventi devono essere compresi in uno studio di insieme che permetta di valutare il corretto inserimento dell'intervento rispetto all'ambiente circostante ed essere particolarmente attenti a non alterare le caratteristiche se di pregio.

8 bis In tutte le aree per servizi sono sempre ammessi parcheggi pubblici o afferenti le attività di servizio insediate.

9 In caso di realizzazione di autorimesse interrato pubbliche o private o di altri servizi pubblici nel sottosuolo, il progetto deve prevedere la sistemazione del soprasuolo destinato a servizi secondo le destinazioni di piano.

In particolare nelle aree che il piano destina a verde pubblico la realizzazione di parcheggi in sottosuolo e' ammessa e deve garantire un riporto di terra non inferiore a m.1,50 sufficiente alla realizzazione del verde e delle alberature.

In tali aree (S "v") deve comunque essere garantita una quota minima pari al 60% per la realizzazione del verde in piena terra (non su soletta).

La realizzazione di parcheggi privati e' ammessa nel sottosuolo di aree vincolate a servizi, con esclusione dei parchi collinari, subordinatamente ad apposito atto di convenzionamento con il comune.

Nel caso di proprietà ancora private deve contestualmente essere prevista la cessione gratuita alla città del soprasuolo ed essere garantita la realizzabilità dei servizi; nel caso di verde devono essere rispettate le prescrizioni sopra indicate.

10 In tutte le aree per servizi sono ammessi pozzi di captazione, tutelati da adeguate fasce di rispetto a norma delle vigenti disposizioni (D.P.R. 236/88) serbatoi, impianti di servizio alla rete di distribuzione idrica.

Nelle aree destinate a parchi urbani o fluviali, a parco della Collina e a parco per il gioco e lo sport (aree S lettera "v") sono altresì ammesse le attrezzature e le condutture per l'erogazione di servizi pubblici o di interesse pubblico con le relative attrezzature interrate per la trasformazione e la distribuzione, purchè compatibili con le sistemazioni esistenti o previste e nel rispetto delle norme di sicurezza.

11 Sugli edifici esistenti, ricadenti in tutto o in parte in aree destinate a servizio pubblico, se in contrasto con le destinazioni di piano, sono ammessi esclusivamente interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, senza cambio di destinazione d'uso.

12 Per gli impianti tecnici di interesse generale per l'erogazione di servizi pubblici o di interesse pubblico, in contrasto con le destinazioni di piano, sono consentiti interventi motivati da esigenze funzionali riconosciute dall'Amministrazione Comunale per l'adeguamento funzionale e lo svolgimento dell'attività in atto.

Aree per verde e servizi con prescrizioni particolari comprese in ambiti di riqualificazione dello spazio pubblico

13 Area Olimpica

Comprende le aree già oggetto di specifico bando di concorso olimpico, nonché ulteriori spazi costituenti un unico comprensorio organico di aree destinate a servizi, a carattere sportivo, ricreativo e culturale, per le quali si prevede un complessivo recupero fisico e funzionale. Tutti gli interventi, che devono essere inseriti in un progetto unitario di recupero del complesso e adeguatamente connesso agli spazi pubblici circostanti, potranno essere attuati per fasi e lotti di intervento. Gli interventi ricadenti all'interno dell'area sono soggetti al parere preventivo favorevole della competente Soprintendenza.

Le aree del comprensorio sono così disciplinate:

Area dello Stadio Comunale

L'ambito, nel quale è compreso lo Stadio Comunale, è delimitato dalla via Filadelfia, dai corsi Agnelli e Sebastopoli e dalle aree immediatamente adiacenti destinate ad ospitare il Palazzetto dell'Hockey, così come individuato nello schema prescrittivo delle destinazioni d'uso allegato alle presenti norme.

L'impianto è destinato a Servizi Privati "SP", lettera "v" - impianti e attrezzature sportive, da utilizzarsi ordinariamente per lo svolgimento dell'attività calcistica e delle attività ad essa connessa, nonché all'attività sportiva in genere. In sede di progetto attuativo degli interventi, la dividente tra l'area dello Stadio Comunale e l'area olimpica dell'Hockey e spazi collegati, potrà essere specificata o parzialmente modificata nel rispetto delle previsioni di massima indicate negli elaborati grafici, senza che questo costituisca variante al P.R.G.

Gli spazi esistenti sotto le tribune/gradinate sono destinati ad attività complementari al complesso sportivo, non commerciali, compresi spogliatoi, servizi tecnici, magazzini, ecc... e a servizi di supporto all'attività sportiva. Fino ad un limite massimo di mq 10.700 di Superficie Lorda di Pavimento (SLP) è ammesso il riutilizzo di tali spazi con destinazione ad "Attività di servizio alle persone e alle imprese" (A.S.P.I.) - esercizi pubblici, commercio, ricettivo, ecc...

È ammessa la possibilità di realizzare nuova edificazione, nell'area esterna all'impianto sportivo, fino a un massimo di mq 9.000 di SLP secondo le destinazioni di seguito specificate, trasferendo dall'interno dell'impianto quota parte della SLP esistente. In tal caso gli spazi rimanenti sotto le tribune/gradinate, nella misura corrispondente alla SLP di nuova realizzazione, potranno essere utilizzati per attività complementari al complesso sportivo, non commerciali, compresi spogliatoi, servizi tecnici, magazzini, ecc... e a servizi di supporto all'attività sportiva.

La nuova edificazione dovrà essere così localizzata:- ad ovest, in corrispondenza di via Filadelfia angolo corso Giovanni Agnelli, attività ricettive fino a mq 6.000; - a nord-ovest, lungo corso Giovanni Agnelli fino a tutto l'angolo di risvolto in corso Sebastopoli, attività di servizio alle persone e alle imprese (ASPI), fino a mq. 3.000, con altezza delle fronti non superiore a m. 5,00.

Gli interventi, non impattanti, dovranno salvaguardare la prospettiva dello Stadio e della Torre Maratona, in aderenza con quanto indicato dalla competente Soprintendenza per i Beni Architettonici e per il Paesaggio. A fronte della realizzazione della nuova edificazione dovrà essere reperita una dotazione di servizi pubblici pari all'80% della nuova SLP prevista, oltre alle ulteriori dotazioni prescritte dalle norme vigenti, da realizzarsi anche nel sottosuolo di aree pubbliche nelle immediate vicinanze, con modalità attuative e gestionali da disciplinarsi con apposita convenzione. Dovrà essere altresì verificata la dotazione di servizi e parcheggi commisurata ai fabbisogni funzionali afferenti allo Stadio Comunale, di cui al D.M. 25/08/89 (spazi attrezzati a parcheggi) e al D.M. 18/03/96 (aree attrezzate per lo sfollamento) dotazione che potrà essere garantita anche attraverso l'utilizzo di parcheggi esistenti o da realizzare nelle immediate vicinanze. Gli interventi nell'area sono subordinati al rilascio di concessione edilizia. In particolare, gli interventi relativi all'impianto sportivo sono ammessi fino alla ristrutturazione edilizia e sono finalizzati a garantire la sicurezza, la messa a norma, la funzionalità e la migliore fruibilità dell'impianto stesso.

Qualora i servizi pubblici vengano realizzati nell'area di pertinenza si dovrà presentare idoneo atto di impegno unilaterale di cui all'Articolo 49, comma 5 della Legge Urbanistica Regionale, da sottoscrivere prima del rilascio della concessione edilizia, nel quale dovrà essere garantito l'assoggettamento all'uso

pubblico della dotazione di servizi pubblici commisurata alla nuova edificazione.

Area olimpica dell'Hockey e spazi collegati Comprende lo Stadio dell'Hockey e le aree adiacenti a corso Galileo Ferraris, l'area del parco Cavalieri di Vittorio Veneto e la porzione centrale dell'area posta a sud di via Filadelfia così come individuato nello schema prescrittivo delle destinazioni d'uso allegato alle presenti norme.

L'area è destinata a Servizi Pubblici "S" e più specificamente ad attività per lo sport, il tempo libero e la cultura, terziario privato correlato alle funzioni insediate, attività ricettive di supporto alle funzioni inserite nel complesso, attività commerciali aventi superfici di vendita non superiori a mq 250 (esercizi di vicinato). *nota2).

14 Area dell'ex aereoporto Gino Lisa.

E' destinata a parco per il gioco e lo sport: si prevede la realizzazione di un centro polisportivo integrato con altri servizi per il tempo libero (divertimenti, manifestazioni, cultura, ecc...); sono ammessi spazi per attività integrative: sedi per associazionismo sportivo, foresterie e terziario correlato alle funzioni insediate. La trasformazione deve avvenire a mezzo di piano particolareggiato ai sensi dell'articolo 38 e seguenti della L.U.R. o di piano tecnico esecutivo di opere pubbliche ai sensi dell'articolo 47 della L.U.R.

15 Area destinata a parco per il gioco e lo sport della Continassa.

E' destinata ad attrezzature sportive per il tempo libero ed i divertimenti; sono ammesse attività commerciali nei limiti e nel rispetto di quanto disposto nell'allegato C, e terziarie di supporto.

In particolare, nel nuovo stadio "delle Alpi" sono ammessi spazi per le funzioni di cui all'Articolo 28 della convenzione stipulata con la società concessionaria il 30/07/1987.

La parte residua dell'ambito e' oggetto di specifico progetto di sistemazione generale a mezzo di piano particolareggiato ai sensi dell'articolo 38 e seguenti della L.U.R. o di piano tecnico esecutivo di opere pubbliche ai sensi dell'articolo 47 della L.U.R. che prevede oltre alle funzioni sportive e ricreative, esercizi pubblici e spazi complementari, attività ricettive, espositive e congressuali, residenziali di supporto, commerciali, e il recupero dell'esistente cascina.

Il progetto di sistemazione generale deve tenere in debito conto la presenza nell'area dei pozzi di captazione e della relativa fascia di rispetto che impongono divieti e limitazioni così come indicato all'Articolo 6 commi 2 e 3 del D.P.R. 236/88. *nota3)

16 Area dell'ex arsenale di Borgo Dora.

L'area e' oggetto di un progetto di riqualificazione urbana fisica e funzionale.

Le destinazioni d'uso ammesse sono servizi pubblici (università, istruzione e formazione professionale, centro commerciale pubblico, servizi socio-assistenziali, spazi museali, espositivi e laboratori artistici, servizi di quartiere) ed attività di servizio alle persone ed alle imprese.

E' previsto il recupero parziale degli edifici esistenti, in particolare di quelli di valore storico e documentario, con la demolizione dei corpi di fabbrica aggiunti. L'intervento sugli edifici esistenti può essere consentito anche per parti (sub-ambiti) sulla base di uno studio, da approvare con deliberazione del C.C., che definisca l'assetto generale del complesso, i sub-ambiti di intervento, gli immobili da recuperare e le specifiche destinazioni d'uso a servizi.

17 Area del complesso di Torino Esposizioni.

Il complesso, qualificante la testata sud del Valentino, può essere interessato da interventi di riqualificazione fisica.

Le destinazioni d'uso ammesse sono: attività ricettive, espositive, congressuali, attrezzature fieristiche, servizi per l'istruzione, attività sportive e culturali (v. Articolo 3 punti 2A, 6, 7, i, s, a, e, u, v, z).

Gli interventi finalizzati all'inserimento delle destinazioni previste devono essere attuati nel rispetto dei caratteri formali, storici e strutturali del manufatto esistente ed essere compresi in un progetto di insieme che permetta di valutarne il corretto inserimento architettonico e ambientale.

La trasformazione deve avvenire a mezzo di piano particolareggiato ai sensi dell'articolo 38 e seguenti della L.U.R. o di piano tecnico esecutivo di opere pubbliche ai sensi dell'articolo 47 della L.U.R.

- 18** Aree destinate al Politecnico.
Le aree FS contigue al Politecnico e all'ambito Spina 2 sono destinate al raddoppio del Politecnico e relativa viabilità e classificate aree per servizi "Attrezzature di interesse generale - Istruzione Universitaria".
In tali aree sono edificabili un massimo di 160.000 mq di SLP per il Politecnico e 10.000 mq di SLP per la Biblioteca tecnologica.
Tali aree costituiscono una quota delle "aree per servizi alla città" oggetto di cessione gratuita obbligatoria derivante dall'attuazione degli ambiti di trasformazione 13.1 Porta Nuova e 13.2 Dante.
E' facoltà dell'Amministrazione procedere alla realizzazione del servizio ivi previsto anche anticipatamente rispetto alle trasformazioni degli ambiti di cui sopra.
Nell'area attualmente destinata al Politecnico, sono consentiti ampliamenti strettamente necessari per assicurare una organica e razionale connessione con il nuovo complesso purchè non eccedenti il 10% della SLP esistente prevista nell'area di cui sopra.
Tali interventi devono essere compresi in un progetto di insieme che permetta di valutarne il corretto inserimento funzionale architettonico e ambientale.*nota4)
- 19** Area del comprensorio Nizza (deposito ATM)
L'immobile e' oggetto di uno specifico progetto di ristrutturazione edilizia con aumento di S.L.P. avente le seguenti destinazioni d'uso: deposito tram e mezzi su gomma, attività terziarie e parcheggio di uso pubblico.
- 20** Annullato *nota5)
- 21** Annullato.
- 21 bis** Area Italgas di Corso Regina Margherita, 52 nella quale è prevista la complessiva riorganizzazione funzionale delle attività in atto attraverso interventi di restauro di parte degli edifici esistenti, di demolizione e contestuale sostituzione edilizia, l'inserimento di nuove funzioni quali Archivio storico, sportelli utenza, e ufficio servizio clienti, sulla base di progetto edilizio da sottoporre a parere preventivo della competente Soprintendenza ai Beni Ambientali e Architettonici prima del rilascio delle concessioni edilizie. È consentito il riutilizzo delle superfici lorde di pavimento esistenti fino alla concorrenza di un Indice Territoriale massimo di 0,35 mq SLP / mq ST. *nota6)
- 22** Polo Ospedaliero Evangelico Valdese - immobili ubicati nel quartiere San Salvario in due organismi edilizi: il primo sito tra le vie Pellico, Ormea e Berthollet ed il secondo in via Silvio Pellico 28. Entrambi gli organismi, fisicamente distinti ma funzionalmente integrati, sono oggetto di specifici progetti edilizi orientati al generale potenziamento del polo ospedaliero. Per la particolare natura degli interventi, finalizzati all'adeguamento funzionale complessivo del Polo Ospedaliero (reparti di degenza, nuovi laboratori e uffici amministrativi), sono consentiti, previo parere consultivo della competente Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici del Piemonte, interventi di completamento, in aggiunta a quelli prescritti per gli edifici classificati come "caratterizzanti il tessuto storico" all'Articolo 26 delle presenti norme urbanistico-edilizie di attuazione (Tabella dei tipi di intervento).
È altresì consentita la copertura dell'area su cui si affacciano le fronti interne dell'edificio di via Silvio Pellico, 28. *nota7)
- 23** Area della ex-Manifattura Tabacchi - L'area è oggetto di specifico studio di fattibilità orientato alla riqualificazione urbana fisica e funzionale degli immobili esistenti destinati ad ospitare insediamenti universitari. Le destinazioni ammesse sono edilizia universitaria e servizi complementari (attrezzatura culturali, ricettive, sportive, residenze universitarie).
Lo studio di fattibilità da approvarsi con Deliberazione del Consiglio Comunale definisce l'assetto generale, gli immobili da recuperare, i tipi di intervento e le specifiche destinazioni d'uso degli immobili.
L'intervento sugli immobili esistenti può essere consentito anche per parti sulla base delle prescrizioni e puntuali indicazioni dello Studio di fattibilità.
Gli interventi sugli immobili esistenti soggetti a vincoli e tutele di qualunque natura dovranno essere sottoposti ai pareri preventivi degli Enti competenti.

La viabilità di accesso al complesso universitario, nonché al parco fluviale, dovrà essere realizzata avendo cura dell'idoneo inserimento ambientale. Per la pavimentazione del sedime stradale si dovranno privilegiare materiali lapidei in luogo di tradizionali materiali bituminosi. *nota8)

24 Area ex istituto Aldo Moro (isolato compreso tra corso Giulio Cesare, Lungo Dora Firenze, via Aosta e corso Brescia)

È oggetto di specifico progetto subordinato a concessione convenzionata ai sensi dell'Articolo 49 comma 5 della L. R. 56/77 orientato alla realizzazione di un Centro Culturale Polifunzionale e servizi annessi.

Le destinazioni ammesse sono attrezzature culturali (Biblioteca della Provincia di Torino), centri di ospitalità di supporto alle funzioni inserite nel complesso (foresteria), sedi per l'associazionismo e attrezzature per lo spettacolo. Sono altresì ammesse destinazioni accessorie strettamente pertinenti e connesse allo svolgimento dell'attività principale (librerie, copisterie, uffici, pubblici esercizi, ecc..).

Gli interventi devono essere compresi in un progetto che permetta di valutare il corretto inserimento architettonico e ambientale e che garantisca una adeguata dotazione di servizi pubblici.

In applicazione di quanto disposto dall'Articolo 32 (facoltà di deroga) delle N.U.E.A. di P.R.G. per l'edificio da realizzarsi prospiciente il Lungo Dora Firenze è ammessa un'altezza massima pari a metri 29, mentre per l'edificio che sarà realizzato tra corso Giulio Cesare e Lungo Dora Firenze è ammessa un'altezza massima pari a metri 41.

L'area collocata tra via Aosta e corso Brescia è da destinare a verde pubblico. È consentito il mantenimento temporaneo, per un termine comunque non superiore ad anni 10 dalla stipula della convenzione, dell'edificio lungo corso Brescia per usi socio assistenziali.

*nota1) Accordo di Programma - Delib. di Ratifica C. C. n. 72/99 del 20/04/1999

*nota2) Variante 60 - Delib. C.C. n. 31/2003 del 24/02/03 - n. mecc. 2003-00526/009

*nota3) Variante 56 - Delib. C.C. n. 180/2002 del 16/12/02 - n. mecc. 2002-08520/009

*nota4) Variante 35 - Delib. C.C. n. 41/2002 del 18/03/2002 - n. mecc. 2001-11054/09

*nota5) Variante 59 - Delib. di approvazione C.C. n. 176/03 del 09/12/2003

*nota6) Variante 9 - Delib. C.C. n. 87/99 del 17/05/1999

*nota7) Accordo di Programma - Delib. di Ratifica C.C. n. 156/99 del 05/07/1999

*nota8) Variante parziale n. 34 - Delib. di approvazione C.C. n. 2/2002 del 14/01/2002

*nota9) Provvedimento di variazione al PRG - Delib. di approvazione C.C. n. 81/2001 del 27 marzo 2001

Articolo 21 - Parchi urbani e fluviali

1 Le aree dei parchi urbani e fluviali sono suddivise in ambiti denominati P1, P18, P19, P20, P21, P22, P23, P24, P25, P26, P27, P28, P29, P30, P31, P32, P33 e individuati nelle tavole di piano in scala 1:5000.

2 Tali aree sono preordinate all'acquisizione diretta da parte dell'Amministrazione secondo le modalità di esproprio previste dalle leggi vigenti.

3 In alternativa all'esproprio le aree dei parchi urbani e fluviali possono essere cedute gratuitamente alla città, alle condizioni di cui all'articolo 28, previo utilizzo delle capacità edificatoria da realizzarsi nelle aree di trasformazione secondo le modalità e procedure indicate all'articolo 15.

L'ambito P21, ed eventualmente parte dell'ambito P31, e' prioritariamente preordinato alla realizzazione di un campo da golf previo convenzionamento con la città, nel rispetto di quanto indicato al successivo comma 4 bis.

4 L'indice di edificabilità di tali aree (nel caso di utilizzazioni private) è 0,05 mq S.L.P./mq S.T. e 0,01 mq S.L.P./mq S.T. come indicato nelle tavole di piano in scala 1:5000.

Le cessioni devono essere di norma costituite da un unico appezzamento.

La loro localizzazione ed eventuale frazionamento, in congrua relazione con la superficie complessiva in dismissione, devono essere accettate dal Comune in sede di convenzionamento.

In ogni caso le superfici unitarie dei lotti delle aree a parco da cedere alla Città non possono, per ogni cessione, essere inferiori a mq 10.000, fatta eccezione unicamente per gli accorpamenti ad altre aree già

comunali o situazioni ritenute convenienti dall'Amministrazione.

4 bis Nel caso dei parchi fluviali a scala intercomunale Stura, Dora e Sangone, la progettazione esecutiva va inserita in uno studio di inquadramento esteso agli ambiti fluviali limitrofi.

5 Al fine di tutelare l'attività delle aziende agricole esistenti, sono ammessi ampliamenti di volumi tecnici relativi a fabbricati già adibiti ad usi agricoli, da rilasciarsi ai soggetti di cui al comma 4 dell'articolo 25 della L.U.R. e s.m.i., fatte salve le condizioni di inedificabilità dei suoli e sulla base di uno specifico programma di sviluppo aziendale che dimostri la necessità degli ampliamenti proposti.

Per le aziende che, d'intesa con la Città, orientano la propria attività verso la formazione di parchi agricoli, con la gestione di terreni aperti all'accesso pubblico e disponibili per attività ricreative, didattiche e di ricerca, sono ammesse anche nuove opere edilizie, purchè funzionali al progetto di sistemazione del parco stesso.

Il progetto di sistemazione del parco agricolo, esteso alle aree di proprietà della città e di privati aderenti all'iniziativa, definisce le modalità di utilizzo delle aree pubbliche e private e le eventuali nuove opere previste.

Tale progetto può essere proposto anche da privati e viene approvato dalla Città con specifico atto deliberativo accompagnato da una convenzione che precisa i tempi e le modalità di attuazione e gli impegni assunti da parte delle aziende aderenti all'iniziativa.

Non sono comunque ammessi interventi in contrasto con la destinazione d'uso a parco, salvo quanto già specificato all'articolo 19 comma 11.

5 bis Negli immobili nei quali sono presenti attività economiche insediate prima della approvazione del piano, è possibile, fatte salve le Norme di materia idraulica per le aree inserite all'interno delle Fasce fluviali di cui al Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), consentire interventi funzionali allo svolgimento delle attività stesse che eccedono la manutenzione straordinaria (restauro e risanamento conservativo degli edifici esistenti, installazione di strutture di ricovero temporaneo, allacciamenti e opere di urbanizzazione) a condizione che venga stipulata idonea convenzione con la Città e con l'Ente di gestione del Parco fluviale del Po torinese (per le aree incluse all'interno del P.T.O. e del Piano d'Area), sul modello della Convenzione-quadro di cui all'Articolo 53 della L.U.R., che disciplini:

le modalità di utilizzo temporaneo dell'area e i tipi di intervento previsti;

b) i tempi per il trasferimento degli impianti (entro un massimo di 10 anni);

c) l'impegno entro il termine massimo di cui al punto b) da parte della proprietà alla cessione onerosa dell'area alla Città sempre che vi sia coincidenza tra proprietario e titolare dell'attività;

d) l'assunzione da parte dei soggetti privati dei costi di demolizione dei fabbricati e della eventuale bonifica dell'area interessata;

e) il valore dell'area, sulla base dei criteri vigenti in caso di cessione volontaria nell'ambito del procedimento espropriativo;

f) l'entità della garanzia fidejussoria da prestare da parte dei soggetti privati (commisurata al valore di cui al punto d) da versare prima della stipula della convenzione;

g) previsione di una penale per eventuali inadempienze pari al 30% del valore di cui al punto e).

La disciplina prevista e le relative modalità, al fine di individuare coerenti finalità d'uso, sono da individuare specificamente a seconda che l'area sia inserita in area U (zona urbanizzata) o N (zona di interesse naturalistico) del Piano d'Area o in aree classificate Area Attrezzata Riserva Naturale o Zona di Salvaguardia.

Resta inteso che qualora il soggetto titolare dell'attività economica non sia anche proprietario delle aree e dei fabbricati interessati dagli interventi edilizi, l'eventuale convenzione per la rilocalizzazione di cui al presente articolo dovrà essere definita di concerto con il proprietario delle aree.

AREA A PARCO DEL VILLARETTO (P33)

6 Il Parco del Villaretto, denominato P33, è individuato sulle tavole di piano 1:5000.

7 L'ambito P33 è finalizzato al recupero ed alla salvaguardia dei valori paesaggistici e naturali, a garantire

- piena fruizione dell'ambiente naturale, alla valorizzazione dell'attività agricola.
- 8** La fruizione del parco e la conseguente regolamentazione circa l'uso del suolo è definita attraverso un piano esecutivo, di iniziativa pubblica o privata, esteso a tutto il parco od a parti di esso, da approvarsi entro 5 anni dall'entrata in vigore del P.R.G.
- 9** L'attuazione del parco è ottenuta mediante convenzione tra i proprietari e l'Amministrazione Comunale.
- 10** Con il predetto piano esecutivo si individuano, nel rispetto delle disposizioni contenute nel D.P.R. 236/88, in particolare, gli accessi, il sistema della viabilità e dei percorsi interni, le aree attrezzate pubbliche o di uso pubblico e si fissano specifiche norme di attuazione.
- 11** Mediante piano esecutivo sono consentiti insediamenti per attività le cui finalità siano volte alla fruizione pubblica del parco o parti di esso, quali attrezzature sociali, culturali e per la didattica, pubblici esercizi, strutture per l'agriturismo.
Si intendono esclusi insediamenti atti alla ricezione ed al commercio (a parte chioschi ed edicole).
- 12** Per le aziende agricole esistenti, anche in assenza di piano esecutivo, sono ammessi ampliamenti e modifiche alle attrezzature agricole esistenti, nei limiti del 20% della S.L.P. esistente alla data di adozione del Progetto Definitivo di P.R.G. e sulla base di uno specifico programma di sviluppo aziendale che dimostri la necessità degli ampliamenti proposti.
- 13** In assenza di piano sono consentiti sugli edifici esistenti interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, con il mantenimento delle destinazioni in atto, purchè non in contrasto con le finalità di cui al settimo comma del presente articolo.
- 13 bis** In caso di immobili di aziende agricole esistenti sono ammessi anche interventi di ristrutturazione edilizia senza cambio della destinazione agricola in atto.
- 14** Le aree del parco del Villaretto possono, in alternativa all'attuazione di cui ai precedenti capoversi, essere acquisite direttamente da parte dell'Amministrazione con le modalità dei precedenti capoversi n. 2 e 4.
- 15** Le cessioni devono essere preferibilmente costituite da un unico appezzamento.
La loro localizzazione ed eventuale frazionamento, in congrua relazione con la superficie complessiva in dismissione, devono essere accettate dal Comune in sede di convenzionamento.
- PARCO BASSE DI STURA (P17)**
- 16** L'ambito del parco situato sulla sponda sud della Stura è denominato P17 nelle tavole di Piano in scala 1:5000.
- 17** Il Piano intende interrompere i processi di degrado in atto, ampiamente illustrati nella ne geologico-tecnica sull'area delle Basse di Stura allegata al Piano e promuovere azioni di riqualificazione, bonifica e recupero ambientale nelle direzioni indicate dalla citata Relazione geologico-tecnica.
- 18** Pertanto la sua attuazione è subordinata alla predisposizione di un piano esecutivo di recupero ambientale complessivo per l'intera area - da sottoporre alla valutazione ed autorizzazione degli Enti competenti - che tenga conto innanzitutto delle seguenti condizioni:
1 - le opere che si realizzano dovranno posizionarsi in condizioni di sicurezza dal rischio di esondazioni del torrente Stura;
2 - cessazione delle attività inquinanti;
3 - bonifica delle aree inquinate.
- 19** Tali condizioni si riferiscono ad ogni singolo sud-ambito e devono essere soddisfatte a cura degli aventi titolo, sia nel caso di interventi edilizi realizzabili all'interno dei sub-ambiti stessi, sia nei casi in cui le utilizzazioni edificatorie sono trasferite all'esterno del parco.
Gli indici di edificabilità sono quelli definiti nella scheda normativa allegata.
- 20** Le aree del parco sono preordinate all'acquisizione diretta da parte dell'Amministrazione secondo le modalità di esproprio previste dalle leggi vigenti.
- 21** In alternativa all'esproprio le aree del parco Basse di Stura possono essere cedute gratuitamente alla Città alle condizioni di cui all'articolo 28, previo utilizzo delle capacità edificatorie, determinate per quantità, destinazioni e localizzazioni, dalla scheda allegata e dalla planimetria relativa che costituiscono lo studio

- unitario dell'ambito P17 e ne articolano le possibilità attuative per sub-ambiti.
- 22 Gli indici di edificabilità per le diverse destinazioni sono attribuiti ai sub-ambiti dallo studio unitario, anche in funzione delle loro caratteristiche ambientali; lo studio unitario determina inoltre la localizzazione delle quantità edificatorie.
- 23 Per il subambito che prevede al proprio interno la localizzazione delle relative quantità edificatorie, l'attuazione è subordinata a strumento urbanistico esecutivo nel rispetto delle condizioni di cui al precedente capoverso 18.
- 23 bis In sede di progettazione esecutiva dovrà essere posta particolare attenzione al corretto inserimento dell'intervento rispetto all'ambiente circostante. A tale scopo gli edifici non potranno superare mt 10,50 di altezza.
- 24 Per i sub-ambiti nei quali non è prevista al loro interno la localizzazione delle quantità edificatorie ad essi relative, l'attuazione è subordinata alla stipulazione di una convenzione che disciplini la cessione gratuita delle aree da destinare a parco, nel rispetto delle condizioni di cui al precedente capoverso 18.
- 25 In fase attuativa è ammessa la parziale rettifica al perimetro dei sub-ambiti in caso di errata individuazione dei confini delle proprietà.
- 25 bis Le misure di bonifica e recupero ambientale potranno essere attivate anche a prescindere dalla realizzazione del parco e dalla attuazione degli interventi previsti, comunque nel rispetto delle leggi di settore al momento operanti.
- 26 **Parte del parco urbano fluviale P24 occupata dalla discarica controllata di rifiuti solidi urbani.**
È ammesso il completamento della discarica stessa e la realizzazione di una stazione transfert, finalizzata ad una più efficiente raccolta dei rifiuti, che cesserà la sua attività con l'esaurimento della discarica. Sono altresì ammessi altre eventuali opere ed impianti (autorizzati dalla Regione Piemonte), ugualmente funzionali al completamento della discarica, la cui attività dovrà cessare con l'esaurimento della medesima, entro l'anno 2003.
- 27 La trasformazione dell'area per verde e servizi dovrà avvenire a mezzo di Piano Tecnico Esecutivo di opere pubbliche ai sensi dell'articolo 47 della L.U.R. ed essere preceduta dalla bonifica e dal recupero ambientale dell'area stessa, secondo le disposizioni di cui al successivo Articolo 28 delle presenti norme.
- 28 Non sono comunque ammessi interventi in contrasto con la determinazione d'uso a parco, salvo quanto già specificato all'articolo 19 comma 11.

Articolo 22 - Aree a Parco naturale della collina

- 1 Le aree del parco della collina sono suddivise in ambiti denominati: P.2, P.3, P.4, P.5, P.6, P.7, P.8, P.9, P.10, P.11, P.12, P.13, P.14, P.15, P.16 e individuati nelle tavole di piano in scala 1:5000.
- 2 Tali aree sono destinate alla realizzazione di un parco nel quale sia tutelato l'ambiente naturale garantendo condizioni di fruibilità collettiva sulla base di specifici piani particolareggiati relativi ad ambiti o parti di ambito di volta in volta definiti.
- 3 Con tali piani vengono individuati gli accessi, il sistema dei percorsi interni, le aree attrezzate pubbliche e di uso pubblico, gli usi del suolo, con particolare riguardo alle attività di tipo agricolo esistenti che si intendono salvaguardare e vengono fissate specifiche norme di attuazione.
- 4 La realizzazione e la gestione dei Parchi sono attuate attraverso convenzioni tra proprietari, conduttori e coltivatori diretti e Amministrazione Comunale.
- 5 Su proposta dei proprietari le finalità di gestione potranno essere realizzate altresì mediante consorzi con l'Amministrazione Comunale.
- 6 Nelle more dell'approvazione dei piani particolareggiati suddetti, le aree utilizzate per coltivazioni agricole (orticolture e floricultore, colture legnose, seminativo, prato e pascolo) rimangono di proprietà privata mantenendo le attività in atto.
- 7 Nel caso di cessazione dell'attività e di contestuale cessione gratuita dell'area al Comune sarà garantita la possibilità di futura collocazione dei diritti edificatori nelle relative aree di concentrazione degli ambiti di

trasformazione di cui al successivo comma 11.

L'utilizzo dei diritti edificatori è strettamente connesso alla cessione delle rispettive aree.

- 8** In alternativa tali aree possono essere acquisite direttamente da parte dell'Amministrazione mediante le modalità di esproprio previste dalle leggi vigenti.
- 9** Le cessioni devono essere di norma costituite da un unico appezzamento.
La loro localizzazione ed eventuale frazionamento, in congrua relazione con la superficie complessiva in dismissione, devono essere accettate dal Comune in sede di convenzionamento.
In ogni caso le superfici unitarie dei lotti delle aree a parco da cedere alla Città non possono, per ogni cessione, essere inferiori a mq. 10.000, fatta eccezione unicamente per gli accorpamenti ad altre aree già comunali o situazioni ritenute convenienti dall'Amministrazione.
- 10** Le aree del parco collinare hanno indice di edificabilità 0,03 mq SLP/mq ST e 0,01 mq SLP/mq ST, come indicato nelle tavole di piano in scala 1:5000. L'indice 0,01 coincide con le aree private classificate come non ulteriormente edificabili nella carta geologica degli interventi con le aree classificate come boschi nello specifico allegato tecnico.
- 11** Tali capacità edificatorie potranno essere utilizzate nelle seguenti aree di trasformazione di proprietà comunale: Veglio (4.4), Ozanam (5.19) Mercato dei Fiori (9.9), Nebiolo (9.31), Ponchielli (9.32), Modena Nord (10.1), Paoli (12.18), Mercati Generali (12.24), nelle altre zone di trasformazione secondo le modalità indicate all'Articolo 15 e nelle Aree da Trasformare per Servizi nei casi previsti all'Articolo 20.
- 12** All'interno del parco è vietato:
- costruire nuovi edifici e strutture stabili o temporanee (salvo quelle previste dal piano esecutivo del parco);
- ridurre a coltura le aree boschive;
- alterare la morfologia e l'assetto idrogeologico del territorio.
- 13** Per gli ambiti ricadenti entro il Parco Regionale di Superga, sono fatte salve le disposizioni di cui alla legge istitutiva del parco stesso (cfr. L.R. 14 novembre 1991, n. 55).

Articolo 23 - Aree per la viabilità

- 1** Le tavole di piano in scala 1:15000 (tav.4 "Viabilità"), e 1:10000 (tav.5 "Viabilità collinare") e 1:5000 (tav.1 "Azzonamento") riportano le aree destinate alla viabilità sia esistente che in progetto.
Nella tav.4 - "Viabilità" vengono individuati:
a) i viali urbani di progetto;
b) i viali storici;
c) i viali e corsi storici da riqualificare;
d) i viali pedonali;
e) le strade di scorrimento di progetto;
f) i percorsi ciclo pedonali;
g) i percorsi pedonali collinari;
h) i percorsi storici collinari;
i) i ponti di progetto;
Sulla stessa tavola n.4 vengono riportate le sezioni tipo relative alla viabilità di cui ai punti a), d) ed e).
I viali storici di cui al precedente punto b) sono tutelati nel loro carattere di viale alberato che non deve essere sostanzialmente alterato in caso di intervento o di ristrutturazione.
I viali e i corsi storici da riqualificare di cui al precedente punto c) devono essere riqualificati attraverso un disegno ispirato all'impianto storico del viale, compatibilmente con le funzioni di servizio previste dal Piano e necessarie per il contesto.
Il corso Marche e la Strada del Portone devono intendersi coincidenti per tracciato e sezione con le ipotesi progettuali oggetto dell'accordo di programma relativo al Centro Agro-Alimentare Torinese approvato con D.P.G.R. 16 gennaio 95, n. 169.

- 2 Nel territorio collinare sono identificate tre diverse tipologie di viabilità:
 A) strade di collegamento intercomunale: larghezza m. 10 marciapiedi compresi, riferita all'asse attuale.
 B) strade di accesso al parco collinare e di collegamento per le residenze ed i servizi (livello locale): larghezza m. 8 marciapiedi compresi, riferita all'asse attuale.
 C) tutte le altre strade individuate dal P.R.G. sono mantenute, di massima, alle larghezze attuali e in ogni caso devono garantire un minimo di m. 3 per assicurare l'accessibilità ai mezzi che tutelano la pubblica sicurezza e l'approvvigionamento combustibili.
- 3 Nei casi in cui le larghezze delle strade esistenti siano superiori, anche per tratti, a quelle sopraindicate, sono considerati validi a tutti gli effetti gli allineamenti esistenti. Nel caso inverso gli eventuali allargamenti sono realizzati dal Comune con apposito progetto.
- 4 All'interno delle zone consolidate collinari la linea di arretramento del filo stradale è di 10 metri.
- 5 Sono altresì individuati i tracciati dei percorsi pedonali di collegamento tra le varie parti del parco della collina: tali tracciati sono da ritenersi vincolanti per le parti ricadenti in zone boscate, a verde privato con preesistenze edilizie e in zone urbane consolidate collinari; sono invece indicativi per le aree del parco.
- 6 In tutto il territorio comunale, al fine di assicurare l'accessibilità ai mezzi che tutelano la pubblica sicurezza e l'approvvigionamento combustibili, tutti i passaggi privati di accesso a costruzioni devono avere una sezione di larghezza minima di mt. 3,00.
- 7 All'interno delle aree che il piano destina a verde pubblico - parco è ammesso il mantenimento, l'adeguamento e la creazione di viabilità purché direttamente connessa alla fruibilità del parco stesso.
- 8 In sede di progetto esecutivo di opera pubblica i tracciati possono essere specificati o parzialmente modificati nel rispetto delle previsioni di massima indicate nelle tavole di piano senza che questo costituisca variante al P.R.G.
- 9 Nell'ambito degli interventi oggetto di Piani Esecutivi, potranno essere previste opere di viabilità destinate sia al traffico pedonale e ciclabile che al traffico veicolare anche se non indicate dalle tavole di P.R.G..
- 10 Sugli edifici ricadenti in aree che il P.R.G. destina alla viabilità sono ammessi esclusivamente interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria ad eccezione di quanto previsto all'articolo 8, comma 72bis.
- 11 Al fine di adeguare gli interventi previsti dal Nuovo P.R.G. agli obiettivi del PTO e del PDA, in sede di progettazione delle seguenti infrastrutture:
1. Viabilità in sottosuolo della zona Meisino-Colletta;
 2. Due nuovi ponti su corso San Maurizio e in protendimento di corso Caduti sul Lavoro;
 3. Passerella pedonale di collegamento tra piazza Chiaves e piazza Carrara;
 4. Sottopasso su corso Casale in zona Gran Madre;
 5. Sottopasso sulla via Artom.
- Si dovrà tenere conto delle prescrizioni contenute all'interno delle Norme di Attuazione del PTO e del PDA, con specifico riguardo per quanto stabilito all'articolo 3.12.
- In particolare il progetto dell'intervento di cui al punto 1) dovrà essere subordinato "al preventivo inserimento in piano settoriale, con relativa verifica di compatibilità ambientale" (condizione C.4 del PTO - PDA) ed "al preventivo inserimento in progetti operativi locali o, in mancanza degli stessi, in progetti di ripristino ambientali e di costituzione di aree di interesse naturalistico con relativa verifica di compatibilità ambientale" (condizione C.3 del PTO - PDA).
- 12 Le opere di più rilevante importanza in materia di viabilità potranno essere oggetto di approfondimenti all'interno di accordi di programma ex articolo 24, L. n.142/90.
- Si precisa infine che le disposizioni di cui al presente articolo sono da ritenersi valide nei limiti di quanto disposto dal nuovo Codice della Strada.

Articolo 25 - Ambiti di riqualificazione dello spazio pubblico

- 1 L'Amministrazione Comunale promuove interventi di riqualificazione dello spazio pubblico nelle aree appositamente perimetrate e nelle zone storiche e storico-ambientali.

L'obiettivo perseguito consiste nel migliorare la qualità dello spazio pubblico attraverso il coordinamento degli interventi pubblici, l'integrazione degli spazi pubblici esistenti con quelli di nuova acquisizione diretta o derivata da trasformazioni.

Consiste altresì nell'incentivare la riqualificazione del tessuto edilizio e delle centralità minori e nel migliorare la qualità degli ambienti storici.

- 2** L'Amministrazione redige progetti di riqualificazione dello spazio pubblico negli ambiti previsti e in ambiti di volta in volta definiti nelle zone storica o storico-ambientale, anche estesi ad aree a servizi contigue o prossime, in particolare quando provvede a realizzare importanti opere pubbliche sul suolo o nel sottosuolo, secondo gli indirizzi seguenti:
- 3** 1) qualificazione degli spazi pubblici: strade, viali, corsi e piazze, marciapiedi e spazi pedonali, il coordinamento degli arredi stradali e la definizione delle piste ciclabili, la ricostruzione dei viali storici;
- 4** 2) organizzazione e valorizzazione del verde e degli spazi non costruiti;
- 5** 3) localizzazione di eventuali parcheggi collettivi con l'indicazione delle rampe di accesso e di uscita su suolo pubblico e la definizione delle opere di arredo e verde necessarie per migliorarne l'inserimento nell'ambiente;
- 4) Rispetto e valorizzazione delle visuali prospettive dell'edificato e salvaguardia di vedute su bellezze panoramiche o tipici ambienti caratterizzanti il tessuto storico e ambientale.
- 6** 5) scelta dei materiali di impiego nelle costruzioni, dei colori delle facciate, delle coperture, delle insegne, tutela delle vetrine storiche, anche attraverso regolamenti di via o di ambiente storico
- 7** 6) ridefinizione dei parametri edilizi delle aree private che si affacciano sullo spazio pubblico concernenti le altezze dei fabbricati e le loro distanze dai confini privati, da altri fabbricati e la deroga dal rispetto del filo stradale o edilizio (ove indicato), fermi restando i parametri urbanistici di trasformazione (v. articolo 2 comma 53), che non possono subire modificazioni.
- 8** In carenza del progetto di riqualificazione dello spazio pubblico si possono comunque attuare le previsioni del piano, fatto salvo quanto specificato all'articolo 11.
Entro l'ambito di riqualificazione dello spazio pubblico sono ammesse attività di ristorazione e pubblici esercizi, attività di tipo commerciale (edicole, punti di vendita), attività per il tempo libero, la cultura, la pratica sportiva, l'attività associativa, l'informazione, servizi socio-assistenziali, purchè servano a qualificare lo spazio pubblico nelle funzioni e nella configurazione, siano di modesta entità e vengano dimensionalmente definite nel progetto dell'area, assieme agli edifici o servizi pubblici previsti.
- 9** Gli interventi previsti, tutti ubicati su suolo pubblico, sono realizzati direttamente dall'Amministrazione ovvero realizzati da privati in concessione.
- 10** Ambito Spina Reale
Porzione di territorio interessata da processo di "riurbanizzazione" a seguito della copertura della ferrovia "Torino-Ceres".
Rispetto agli spazi pubblici è previsto un giardino lineare con diverse articolazioni lungo il percorso, luoghi di sosta e di passaggio, servizi pubblici e privati così come evidenziato nello studio di fattibilità già approvato dalla Giunta Municipale.
- 11** Ambito viali e corsi storici da riqualificare
(individuati nella tav.4 in scala 1:15000 con apposita simbologia)
Il piano propone la ricostituzione dei viali storici alberati sui seguenti tratti:
- Viale del Regio Parco dal ponte a Regio Parco;
 - Viale della Regina da piazza Gran Madre alla villa della Regina;
 - Corso Francia dal confine comunale a piazza Statuto;
 - L'ex cinta daziaria pedecollinare.
- La ricostituzione deve essere inquadrata in specifici progetti di riqualificazione del suolo pubblico.

TITOLO IV: AMBIENTE E PAESAGGIO URBANO

**Articolo 26 - Edifici di particolare interesse storico ed edifici caratterizzanti il tessuto storico esterni alla
Zona Urbana Centrale Storica**

- 1** Nelle tavole di piano in scala 1:2000 e 1:5000, con esclusione della zona urbana centrale storica, sono indicati:
- 1) gli "edifici di particolare interesse storico" classificati per gruppi di appartenenza (campitura nera);
 - 2) le aree di "pertinenza storica" relative agli edifici del precedente punto (linea nera continua);
 - 3) gli "edifici caratterizzanti il tessuto storico" (tratto nero continuo sui fronti esterni verso spazio pubblico o in continuità visiva con esso).
- Le informazioni riportate sulle tavole in scala 1:2000 completano e prevalgono su quelle riportate in scala 1:5000.
- 2** Gli edifici di particolare interesse storico, riconosciuti dal piano in relazione a specifici caratteri storici e architettonici, sono classificati in relazione ai seguenti gruppi di appartenenza:
- 3** 1) EDIFICI DI GRAN PRESTIGIO
comprendono:
residenze reali, edifici storici del governo e servizi, ville con parco di carattere rappresentativo, chiese, ecc.
- 4** 2) EDIFICI DI RILEVANTE VALORE STORICO
comprendono:
edifici residenziali, collegi, convitti, conventi, palazzine, ville, villini e "vigne" con giardino, chiese, ecc.
- 5** 3) EDIFICI DI VALORE STORICO-AMBIENTALE
comprendono:
edifici residenziali, edifici industriali, edifici rurali, complessi residenziali di edilizia pianificata, ecc.
- 6** 4) EDIFICI DI VALORE DOCUMENTARIO
comprendono:
edifici recenti, edifici residenziali, edifici produttivi, edifici rurali, ecc.
- 7** 5) EDIFICI E MANUFATTI SPECIALI DI VALORE DOCUMENTARIO
comprendono:
impianti sportivi, ponti, edifici per funzioni eccezionali (Palazzo del Lavoro, TO-Esposizioni, ecc.)
- 8** Gli edifici caratterizzanti il tessuto storico, presenti prevalentemente nelle zone storico ambientali, sono riconosciuti dal piano in relazione alle diverse qualità che connotano lo spazio urbano e classificati in un'unica categoria.
- 9** Gli edifici di particolare interesse storico e gli edifici caratterizzanti il tessuto storico sono disciplinati in relazione alle seguenti parti, a cui fanno riferimento i tipi di intervento ammessi:
- 10** - Esterno degli edifici su spazi pubblici
comprende gli eventuali portici, le fronti con i relativi risvolti e raccordi, le coperture (orditura, falde, terrazze, abbaini, sistemi di camini e altri elementi accessori), prospettanti su spazio pubblico o in continuità visiva con esso.
- 11** - Sistema distributivo
comprende gli ambienti di ingresso e di distribuzione principale orizzontale (anditi, androni, porticati, logge e gallerie) e gli ambienti di distribuzione verticale (scaloni e scale interne ed esterne).
- 12** - Cortili, (intesi come "aree di pertinenza delle costruzioni" come definite all'Articolo 2, comma 47, punto 29) giardini privati e fronti degli edifici verso tali spazi comprendono le superfici scoperte, pavimentate o piantumate e le fronti interne degli edifici che le delimitano o in continuità visiva con esse; le fronti comprendono i risvolti, i raccordi e le coperture (orditura, falde, terrazze, abbaini, sistemi di camini e altri elementi accessori).
- 13** - Interno dei corpi di fabbrica
comprende gli ambienti delimitati dalle fronti interne ed esterne degli edifici e dalla copertura ad esclusione degli ambienti che costituiscono il sistema distributivo principale.

Tipi di intervento

- 14** Gli interventi ammessi sugli edifici di particolare interesse storico e caratterizzanti il tessuto storico sono indicati nella "Tabella dei tipi di intervento".
Essi devono essere attuati secondo le definizioni dell'allegato A riferiti alle parti in cui sono stati contraddistinti gli edifici.
Gli interventi descritti in tabella sono integrati dalle seguenti specificazioni:
- 15** La manutenzione ordinaria e straordinaria è sempre ammessa secondo le definizioni contenute nei punti 1 e 2 dell'allegato A. Per gli edifici o le parti di essi soggette a restauro conservativo le opere di manutenzione ordinaria e straordinaria devono rispettare le prescrizioni del punto 3 dell'allegato A.
Non è ammessa la demolizione totale o la sostituzione edilizia.
- 16** Nei sottotetti è ammessa la realizzazione di locali destinati ad uso residenziale.
Il conseguente incremento di S.L.P. dovuto all'utilizzo a fini residenziali di orizzontamenti già esistenti è in questi casi sempre ammesso e si configura come intervento di restauro e risanamento conservativo. L'incremento di S.L.P. nei locali sottotetto conseguente alla realizzazione di nuovi orizzontamenti si configura come un intervento di ristrutturazione edilizia, limitatamente ad adeguamenti funzionali.
Tali interventi devono essere attuati nel rispetto dei caratteri formali, storici, strutturali del manufatto edilizio ed essere compresi in uno studio d'insieme che permetta di valutare il corretto inserimento dell'intervento rispetto all'ambiente circostante.
- 17** Negli edifici rurali appartenenti ai gruppi 3 e 4 e nei rustici facenti parte dei fabbricati compresi nel gruppo 2 è ammesso il recupero a fini residenziali degli spazi coperti e dei rustici, limitato alle strutture fisse in muratura e risultanti chiuse almeno su tre lati, mentre per le altre è ammesso il recupero per la funzione accessoria alla residenza.
Il conseguente incremento di SLP è in questi casi sempre ammesso.
Gli interventi non devono compromettere l'impianto originario e gli elementi storico-architettonici caratterizzanti l'edificio.
- 18** Negli edifici o manufatti appartenenti al gruppo 5 è ammessa la ristrutturazione edilizia, limitatamente ad adeguamenti funzionali.
Tali interventi devono essere attuati nel rispetto dei caratteri formali, storici, strutturali del manufatto edilizio ed essere compresi in uno studio d'insieme che permetta di valutare il corretto inserimento dell'intervento rispetto all'ambiente circostante.
- 19** All'interno dei giardini e dei cortili non è consentita la demolizione di edifici o di bassi fabbricati, anche non specificatamente individuati dal piano, coevi e coerenti con l'impianto e con i caratteri dell'edificio principale, se classificato "di particolare interesse storico" o "caratterizzante il tessuto storico".
È invece consentita la demolizione di parti limitate di organismi edilizi consistenti in fabbricati o bassi fabbricati recenti o che risultino come superfetazioni incongrue rispetto alla caratterizzazione storico - architettonica dell'ambiente.
Il recupero delle parti demolite può avvenire, entro il limite della quantità di S.L.P. esistente, mediante interventi di ristrutturazione edilizia secondo le prescrizioni dell'allegato A, dove tipo di intervento è ammesso (Tabella dei tipi di intervento).
Tali interventi non devono pregiudicare il carattere storico ed architettonico dell'ambiente. L'altezza dei fabbricati interni ai cortili non potrà essere maggiore di 1,5 volte rispetto alla larghezza dei cortili su cui essi prospettano e comunque non potrà superare la quota di 18 m.; in ogni caso non potrà essere superata la massima altezza dei fabbricati esistenti prospettanti sui cortili.
Per gli edifici di valore documentario appartenenti al gruppo 4, tali interventi di ristrutturazione edilizia non devono pregiudicare il recupero delle parti di valore storico architettonico da attuarsi secondo le prescrizioni del risanamento conservativo.
Le modalità di utilizzazione delle S.L.P. derivanti dall'eliminazione o riplasmazione di fabbricati o bassi fabbricati interni ai cortili, ove consentito dal piano, sono descritte nell'allegato A (ristrutturazione edilizia).
- 20** Le prescrizioni dell'allegato A relative agli edifici caratterizzanti il tessuto storico si estendono anche alle

maniche e agli edifici interni al cortile che risultino parte integrante dell'edificio principale e che presentino caratteri storici e architettonici analoghi.

- 21** In tutti gli edifici in cui interventi successivi e impropri abbiano compromesso i caratteri storico architettonici, per le parti compromesse, riscontrabili nella documentazione di rilievo dello stato attuale, sono consentiti gli interventi di ristrutturazione edilizia (allegato A)

Il progetto riguardante l'edificio o parte di esso deve essere esteso nella misura necessaria a dimostrare la coerenza dell'intervento con i caratteri architettonici e ambientali circostanti.

- 22** Per tutti gli edifici "di particolare interesse storico" o "caratterizzanti il tessuto storico" destinati a funzioni di pubblica utilità sono consentiti, previa deliberazione del C.C., interventi edilizi di adeguamento alle esigenze funzionali, in aggiunta a quelli indicati nella tabella dei tipi di intervento.

- 23** Nel caso in cui venga dimostrato, attraverso idonea documentazione, l'errata classificazione degli edifici di particolare interesse storico con relativa pertinenza e degli edifici caratterizzanti il tessuto storico, oppure venga riscontrata una condizione di oggettivo degrado che ne pregiudichi il recupero, il corretto inserimento nel gruppo di edifici di appartenenza sarà assunto con deliberazione dell'Amministrazione Comunale assunta ai sensi dell'articolo 17 comma 8 lettera a) della L.U.R., previa segnalazione alla Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici del Piemonte.

- 23 bis** Eventuali interventi in aggiunta a quelli indicati nella Tabella dei tipi di intervento per la relativa classe di appartenenza possono essere assentiti con Deliberazione del Consiglio Comunale sentita la Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici del Piemonte la quale dovrà esprimersi sulla base di un dettagliato progetto.

Tale disposizione, che non comporta pertanto l'iter procedurale della correzione di errore materiale, non è applicabile agli edifici di gran prestigio (gruppo 1) e agli edifici di rilevante valore storico (gruppo 2) classificati dal piano di interesse storico artistico ai sensi dell'Articolo 24 comma 1 punto 2 della L.U.R. ai quali si applicano le disposizioni dell'Articolo 17 comma 4 della L.U.R..

Aree di pertinenza storica

- 24** Le aree di pertinenza storica, indicate nelle tavole di piano in scala 1:2000 e 1:5000, comprendono, oltre all'edificio principale, parti edificate caratterizzanti il complesso storico (cappelle, piloni o cancelli d'ingresso, "padiglioni belvedere", "fondali di passeggiate", scaloni, fontane, muri di cinta, muri di contenimento, rustici, stalle, fienili, orangerie, serre, portinerie, ecc.) e aree inedificate risolte secondo un disegno architettonico d'insieme.

- 25** Gli interventi all'interno di tali aree devono essere finalizzati alla conservazione ed al recupero dei singoli manufatti edilizi principali o accessori e degli elementi caratterizzanti il disegno del suolo (alberature, viali, aiuole, pavimentazioni, ecc.).

Gli interventi, anche parziali, sono subordinati ad un progetto d'insieme atto a tutelare le preesistenze storiche e l'organicità dell'impianto originario

- 26** Tutti gli elementi di interesse storico presenti all'interno di tali aree, anche se non individuati specificatamente nelle tavole di piano, devono essere riconosciuti nella documentazione di rilievo e sottoposti alle seguenti tutele:

- 27** a) Per i manufatti di notevole rilevanza (come le cappelle, le fontane, i "padiglioni belvedere", i "fondali di passeggiata", ecc.) devono essere conservati gli elementi originari di pregio ed eliminate le superfetazioni deturpanti.

Gli interventi devono avvenire mediante l'utilizzo di tecniche e materiali congruenti (pietra, mattoni, legno, ecc.).

- 28** b) Per i rustici (stalle, fienili, orangerie, serre, portinerie, ecc.) compresi nell'area di pertinenza sono ammessi i tipi di intervento riferiti agli edifici rurali appartenenti ai gruppi 3 e 4 con le modalità specificate al comma 17 del presente articolo ed il recupero deve essere indirizzato verso le funzioni ammesse dal piano.

- 29** All'interno delle aree di pertinenza è ammessa la demolizione di edifici o parti di essi recenti e incongrui.

La eventuale riedificazione deve avvenire a parità di SLP nel rispetto dell'impianto originario e storicamente consolidato dell'intero complesso.

È ammessa l'edificazione di nuovi corpi di fabbrica nell'ambito dell'area normativa S - servizi pubblici di interesse generale "z", sita in viale Settimio Severo 63 - Villa Gualino, fino al raggiungimento dell'indice di edificabilità fondiario massimo di mq/mq 0.33 e conseguentemente l'obbligo del reperimento di spazi a parcheggio pubblico (o da assoggettare all'uso pubblico), nella misura minima dell'80% della Superficie Lorda di Pavimento della nuova edificazione. *

- 30** È ammessa la realizzazione di autorimesse interrato. I sistemi di accesso possono avvenire anche attraverso aperture nei muri di contenimento o di cinta, purchè risolti in modo architettonicamente congruente e purchè vengano riorganizzati in modo congruente gli elementi caratterizzanti lo spazio libero come viali, alberature, pavimentazioni, ecc.

Modalità attuative

- 31** Per gli edifici di particolare interesse storico e gli edifici caratterizzanti il tessuto storico gli interventi si attuano attraverso il rilascio di autorizzazioni e concessioni, secondo le leggi vigenti, in relazione ai tipi di intervento previsti e descritti all'allegato A.
- 32** Gli interventi attuati ai sensi dell'articolo 26 L. 47/85 devono essere esplicitamente ricondotti alle definizioni specificate nell'allegato A, in relazione al gruppo di edifici di appartenenza e agli interventi ammessi dalla "Tabella dei tipi di intervento".
Non è consentita l'applicazione dell'articolo 26 L. 47/85 per gli interventi da attuarsi sugli edifici compresi negli elenchi previsti dalla legge 1089/39 o su quelli compresi nel gruppo 1 del presente articolo.
- 33** Gli edifici di gran prestigio (gruppo 1) e gli edifici di rilevante valore storico (gruppo 2) sono classificati dal piano di interesse storico artistico ai sensi dell'articolo 24 della LUR (comma 1, punto 2).
- 34** Per gli interventi che prevedano la demolizione di parti o corpi di fabbrica, o il ridisegno di fronti e maniche interne, è necessario presentare uno studio d'insieme che permetta di valutare il corretto inserimento dell'intervento all'interno di un ambito storico.
- 35** Per le opere subordinate al rilascio di autorizzazione o di concessione occorre presentare una documentazione dello stato di fatto insieme al progetto, secondo le modalità specificate nell'allegato A per ogni tipo di intervento.
- 36** Gli interventi attuati ai sensi dell'articolo 26 L.47/85 devono essere documentati con elaborati atti a dimostrare la rispondenza dei tipi di intervento con le definizioni dell'allegato A, quali: una documentazione fotografica delle parti oggetto dell'intervento, una dettagliata relazione illustrativa di tutte le opere da eseguire ed elaborati grafici con la chiara rappresentazione delle opere stesse.
- 37** Per gli edifici con pertinenza storica il rilievo dello stato di fatto ed il progetto devono essere estesi all'intero organismo storico (manufatti edilizi principali e accessori) e devono essere redatti in scala 1:100 oppure in scala adeguata (con eventuali particolari in scala di maggior dettaglio) quando l'area di pertinenza risulta molto estesa.

*Accordo di Programma - Deliberazione di Ratifica C.C. n. 72/99 del 20/04/1999.

Articolo 27 - Norme di tutela ambientale

- 1** Le norme del presente articolo si applicano in tutte le zone del territorio comunale e riguardano:
- 2** a) Modifiche dell'assetto del suolo.
In tutto il territorio comunale è vietato procedere, senza specifica autorizzazione, a sbancamenti ed a modificazioni dell'assetto del suolo, all'asportazione dello strato di coltura, alla formazione di strade o piazzali anche se in semplice massiciata.
- 3** Nella zona collinare le recinzioni delle proprietà, sia su fronte stradale (pubblica o privata) sia sui confini laterali, devono essere formate con siepi vive di altezza non superiore a m. 2 con interposta eventuale rete metallica plastificata oppure con cancellata, con zoccolatura limitata (minore o uguale a cm. 20), provvista di idonei scoli per le acque.

- 4** Le recinzioni esistenti non conformi alle prescrizioni di cui al comma precedente devono adeguarsi in occasione di interventi che interessino almeno 1/2 del loro sviluppo totale.
- 5** È consentito il mantenimento degli esistenti muri di cinta a parete piena, che possono essere oggetto di parziali rifacimenti quando le condizioni statiche del manufatto lo rendano indispensabile.
- 6** I terrazzamenti sono, di norma, vietati; possono essere ammessi in terreni con pendenze inferiori al 25% ed i relativi muri di sostegno devono essere previsti con altezza non superiore a m. 2 e distanza tra due muri successivi non inferiore a m. 6.
I terrazzamenti sono altresì ammessi eccezionalmente per cause comprovate di pubblica utilità ovvero per garantire o ripristinare la pubblica incolumità nei casi riconosciuti dall'Amministrazione.
In tali casi le caratteristiche tecniche dei terrazzamenti e dei relativi muri di sostegno sono definite dal progetto esecutivo dell'opera e devono rispettare condizioni e prescrizioni della normativa geologico-tecnica.
- 7** Nuovi muri di sostegno, quando necessari, sono ammessi in fregio alle sedi stradali, anche di accesso alle autorimesse interrato, con un'altezza massima di m. 2.
- 8** Nei casi in cui sia necessaria una maggiore altezza, essi devono essere spezzati in gradoni di larghezza non inferiore a m. 2 opportunamente mascherati da arbusti e alberature.
- 9** È consentito inoltre il mantenimento degli esistenti muri di sostegno, anche di maggiore altezza, che possono essere oggetto di rifacimenti parziali quando le condizioni statiche del manufatto lo rendano indispensabile; anche in tal caso le caratteristiche tecniche sono definite dal progetto esecutivo dell'opera che deve rispettare le condizioni e/o prescrizioni della normativa geologica.
- 9 bis** In casi eccezionali, motivati da problemi di natura statica, la realizzazione di strutture di sostegno di altezze anche superiori a quelle indicate nei precedenti commi da 6 a 9 può essere ammessa, previa adeguata relazione geologico-tecnica da rapportare anche alle risultanze delle indagini idrogeologiche effettuate per il settore collinare.
- 10** b) Tutela delle alberature e del verde in genere
È vietato utilizzare aree a bosco e a parco per depositi di ogni genere di materiali.
- 11** In tutti i progetti presentati le alberature d'alto fusto esistenti devono essere rigorosamente rilevate, indicate nelle planimetrie e documentate fotograficamente. I progetti edilizi, anche per le parti in sottosuolo, devono essere studiati in modo da rispettare tali alberature, nonchè tutte le specie pregiate esistenti, avendo cura di non offendere gli apparati radicali.
- 12** Parte integrante di ogni progetto edilizio sarà il progetto dettagliato della sistemazione degli spazi aperti, e quindi anche delle zone alberate, a prato, a giardino, compresa la eventuale delimitazione delle zone a coltivo e la dettagliata definizione, anche per quanto riguarda i materiali impiegati, delle zone pavimentate.
- 13** c) Percorsi storici collinari.
Le tavole di piano in scala 1:2000 individuano i percorsi storici collinari e le visuali panoramiche localizzate su tali percorsi
I percorsi storici sono costituiti dalle antiche strade di collegamento tra le vigne e le ville delle valli collinari.
- 14** La tutela dei percorsi storici deve essere finalizzata al mantenimento degli elementi connotanti l'ambiente storico collinare.
A tal fine devono essere conservati e ripristinati con tecniche e materiali congruenti le recinzioni che caratterizzano tali percorsi.
- 15** Per la tutela della visuale panoramica deve essere evitata entro la fascia di rispetto stradale la compromissione delle prospettive con piantumazione di siepi, alberature o con la realizzazione di recinzioni cieche.
- 16** Tutte le domande di intervento pubblico o privato che comportano la trasformazione del terreno in aree collinari (intubamenti, chiusura di aste minori, scavi per la realizzazione di opere di urbanizzazione

primaria, ..) devono essere corredate dalla documentazione richiesta e specificata nell'allegato B, in relazione alle diverse condizioni di stabilità.

Per gli interventi ricadenti in aree non soggette a tale tipo di tutela deve in ogni caso essere prodotta la documentazione richiesta per le aree "ad edificabilità regolamentata", allegato B sopra richiamato.

ALLEGATO N. 3 (CAP II): CARTA DEI GIARDINI STORICI DETTA "CARTA DI FIRENZE"

Riunito a Firenze il 21 maggio 1981, il Comitato internazionale dei giardini storici ICOMOS - IFLA ha deciso di elaborare una carta relativa alla salvaguardia dei giardini storici che porterà il nome di questa città. Questa carta è stata redatta dal Comitato e registrata il 15 dicembre 1982 dall'ICOMOS con l'intento di completare la "Carta di Venezia" in questo particolare ambito.

A) DEFINIZIONI E OBIETTIVI

Art. 1 - Un giardino storico è una composizione architettonica e vegetale che dal punto di vista storico o artistico presenta un interesse pubblico. Come tale è considerato come un monumento.

Art. 2 - Il giardino storico è una composizione di architettura il cui materiale è principalmente vegetale, dunque vivente e come tale deteriorabile e rinnovabile.

Il suo aspetto risulta così da un perpetuo equilibrio, nell'andamento ciclico delle stagioni, fra lo sviluppo e il deperimento della natura e la volontà d'arte e d'artificio che tende a conservarne perennemente lo stato.

Art. 3 - Come monumento il giardino storico deve essere salvaguardato secondo lo spirito della Carta di Venezia. Tuttavia, in quanto monumento vivente, la sua salvaguardia richiede delle regole specifiche che formano l'oggetto della presente Carta.

Art. 4 - Sono rilevanti nella composizione architettonica del giardino storico:

- la sua pianta ed i differenti profili del terreno;
- le sue masse vegetali: le loro essenze, i loro volumi, il loro gioco di colori, le loro spaziature, le loro altezze rispettive;
- i suoi elementi costruiti o decorativi;
- le acque in movimento o stagnanti, riflesso del cielo.

Art. 5 - Espressione dello stretto rapporto tra civiltà e natura, luogo di piacere, adatto alla meditazione o al sogno, il giardino acquista così il senso cosmico di un'immagine idealizzata del mondo, un "paradiso" nel senso etimologico del termine, ma che è testimonianza di una cultura, di uno stile, di un'epoca, eventualmente dell'originalità di un creatore.

Art. 6 - La denominazione di giardino storico si applica sia a giardini modesti, che a parchi ordinati o paesistici.

Art. 7 - Che sia legato o no ad un edificio, di cui è allora il complemento inseparabile, il giardino storico non può essere separato dal suo intorno ambientale urbano o rurale, artificiale o naturale.

Art. 8 - Un sito storico è un paesaggio definito, evocatore di un fatto memorabile, luogo di un avvenimento storico maggiore, origine di un mito illustre o di una battaglia epica, soggetto di un celebre dipinto, ecc..

Art. 9 - La salvaguardia dei giardini storici esige che essi siano identificati ed inventariati. Essa impone interventi differenziati quali la manutenzione, la conservazione, il restauro. Si può eventualmente raccomandare il ripristino. L'autenticità di un giardino storico concerne sia il disegno e il volume delle sue parti che la sua decorazione o la scelta degli elementi vegetali o minerali che lo costituiscono.

B) MANUTENZIONE, CONSERVAZIONE, RESTAURO, RIPRISTINO

Art. 10 - Ogni operazione di manutenzione, conservazione, restauro o ripristino di un giardino storico o di una delle sue parti deve tenere conto simultaneamente di tutti i suoi elementi.

Separandoli le operazioni altererebbero il legame che li unisce.

MANUTENZIONE E CONSERVAZIONE

Art. 11 - La manutenzione dei giardini storici è un'operazione fondamentale e necessariamente continua. Essendo la materia vegetale il materiale principale, l'opera sarà mantenuta nel suo stato solo con alcune sostituzioni puntuali e, a lungo termine, con rinnovamenti ciclici (tagli completi e reimpianto di elementi già formati).

Art. 12 - La scelta delle specie di alberi, di arbusti, di piante, di fiori da sostituire periodicamente deve tenere conto degli usi stabiliti e riconosciuti per le varie zone botaniche e culturali, in una volontà di mantenimento e ricerca

delle specie originali.

Art. 13 - Gli elementi di architettura, di scultura, di decorazione fissi o mobili che sono parte integrante del giardino storico non devono essere rimossi o spostati se non nella misura necessaria per la loro conservazione o il loro restauro. La sostituzione o il restauro di elementi in pericolo devono essere condotti secondo i principi della Carta di Venezia, e dovrà essere indicata la data di tutte le sostituzioni.

Art. 14 - Il giardino storico dovrà essere conservato in un intorno ambientale appropriato. Ogni modificazione dell'ambiente fisico che possa essere dannosa per l'equilibrio ecologico deve essere proscritta. Queste misure riguardano l'insieme delle infrastrutture sia interne che esterne (canalizzazioni, sistemi di irrigazione, strade, parcheggi, sistemi di custodia, di coltivazione, ecc.).

RESTAURO E RIPRISTINO

Art. 15 - Ogni restauro e a maggior ragione ogni ripristino di un giardino storico dovrà essere intrapreso solo dopo uno studio approfondito che vada dallo scavo alla raccolta di tutta la documentazione concernente il giardino e i giardini analoghi, in grado di assicurare il carattere scientifico dell'intervento.

Prima di ogni intervento esecutivo lo studio dovrà concludersi con un progetto che sarà sottoposto ad un esame e ad una valutazione collegiale.

Art. 16 - L'intervento di restauro deve rispettare l'evoluzione del giardino in questione. Come principio non si potrà privilegiare un'epoca a spese di un'altra a meno che il degrado o il deperimento di alcune parti possano eccezionalmente essere l'occasione per un ripristino fondato su vestigia o su documenti irrecusabili. Potranno essere più in particolare oggetto di un eventuale ripristino le parti del giardino più vicine ad un edificio, al fine di farne risaltarne la coerenza.

Art. 17 - Quando un giardino è totalmente scomparso o si possiedono solo degli elementi congetturali sui suoi stati successivi, non si potrà allora intraprendere un ripristino valido dell'idea del giardino storico. L'opera che si ispirerà in questo caso a forme tradizionali, sul sito di un giardino antico, o dove un giardino non era probabilmente mai esistito, avrà allora caratteri dell'evoluzione o della creazione o escludendo totalmente la qualifica di giardino storico.

C) UTILIZZAZIONE

Art. 18 - Anche se il giardino storico è destinato ad essere visto e percorso, è chiaro che il suo accesso deve essere regolamentato in funzione della sua estensione e della sua fragilità in modo da preservare la sua sostanza e il suo messaggio culturale.

Art. 19 - Per natura e per vocazione, il giardino storico è un luogo tranquillo che favorisce il contatto, il silenzio e l'ascolto della natura. Questo approccio quotidiano deve essere in opposizione con l'uso eccezionale del giardino storico come luogo di feste. Conviene allora definire le condizioni di visita dei giardini storici cosicché la festa, ascolta eccezionalmente, possa esaltare lo spettacolo del giardino e non snaturarlo o degradarlo.

Art. 20 - Se, nella vita quotidiana, i giardini possano tollerare lo svolgersi di giochi tranquilli, conviene comunque creare, parallelamente ai giardini storici, alcuni terreni appropriati ai giochi vivaci e violenti e agli sport, così da rispondere ad una domanda sociale senza nuocere alla conservazione dei giardini e dei siti storici.

Art. 21 - La pratica della manutenzione e della conservazione, i cui tempi sono imposti dalle stagioni, o i brevi interventi che concorrono a restituire l'autenticità devono sempre avere la priorità rispetto alle necessità di utilizzazione. L'organizzazione di ogni visita ad un giardino storico deve essere sottoposta a regole di convenienza adatte a mantenere lo spirito.

Art. 22 - Se un giardino è chiuso da mura, non bisogna eliminarle senza considerare tutte le conseguenze dannose per la modificazione dell'ambiente e per la sua salvaguardia che potrebbero risultarne.

D) PROTEZIONE LEGALE E AMMINISTRATIVA

Art. 23 - È compito delle autorità responsabili prendere, su consiglio degli esperti, le disposizioni legali e

amministrative atte a identificare, inventariare e proteggere i giardini storici. La loro salvaguardia deve essere inserita nei piani di occupazione dei suoli e nei documenti di pianificazione e di sistemazione del territorio. È ugualmente compito delle autorità competenti prendere, su consiglio degli esperti competenti, le disposizioni finanziarie per favorire la conservazione, il restauro ed eventualmente il ripristino dei giardini storici.

Art. 24 - Il giardino storico è uno degli elementi del patrimonio la cui sopravvivenza, a causa della sua natura, richiede cure continue da parte di persone qualificate. È bene dunque che studi appropriati assicurino la formazione di queste persone, sia che si tratti di storici, di architetti, di architetti del paesaggio, di giardinieri, di botanici. Si dovrà altresì vigilare produzione regolare di quelle piante che dovranno essere contenute nella composizione dei giardini storici.

Art. 25 - L'interesse verso i giardini storici dovrà essere stimolato con tutte quelle azioni adatte a valorizzare questo patrimonio ed a farlo conoscere e apprezzare: la promozione della ricerca scientifica, gli scambi internazionali e la diffusione delle informazioni, la pubblicazione e l'informazione di base, lo stimolo all'apertura controllata dei giardini al pubblico, la sensibilizzazione al rispetto della natura e del patrimonio storico da parte dei mass-media. I giardini storici più importanti saranno proposti perchè figurino nella Lista del Patrimonio Mondiale.

Nota Bene

Queste raccomandazioni sono adatte per l'insieme dei giardini storici del mondo. Questa carta sarà ulteriormente suscettibile di complementi specifici per i diversi tipi di giardini, correlati alla descrizione succinta della loro tipologia.

ALLEGATO N. 4 (CAP II): ELENCO DEI PARCHI E GIARDINI SOTTOPOSTI A TUTELA DA PARTE DELLA SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHITETTONICI ED IL PAESAGGIO DEL PIEMONTE

Si riporta qui di seguito un elenco dei parchi e giardini (pubblici e privati) siti nella Città di Torino che sono attualmente stati posti sotto tutela dalla Soprintendenza per i Beni Architettonici ed il Paesaggio del Piemonte. Saranno fatte salve eventuali successive integrazioni e modificazioni.

ELENCO

- Giardino di via Bogino angolo via Giolitti n. 13 (privato)
 - Parco della Villa Sartirana (La Tesoriera) (pubblico)
 - Giardini di Palazzo Reale (pubblici)
 - Arancera adiacente alla Villa Amoretti (pubblico)
 - Giardino annesso all'Ex Manicomio Femminile di via Giulio (pubblico)
 - Parco annesso a Palazzo Cisterna (pubblico - Provincia di Torino)
 - Parco di Villa Sambuy (privato)
 - Parco annesso a Villa Amoretti (pubblico)
 - Castello di Lucento poi Istituto Bonafous ora area Teksid (privato)
 - Complesso Vigna l'Abate (privata)
 - Castello della Saffarona (zona di rispetto) (privato)
 - Parco annesso a Villa Becher (privato)
 - Parco annesso a Villa Capriglio (pubblico)
 - Parco annesso a Villa Abegg (pubblico)
 - Parco annesso a Villa Sassi (privato)
 - Parco di Villa Musy (privato)
 - Parco di Villa Rey (pubblico)
 - Parco di Villa Nobili (privato)
 - Parco della Villa d'Agliè (privato)
 - Villa della Regina (pubblico)
 - Parco Leopardi (pubblico)
 - Parco del Valentino (pubblico)
 - Parco Annesso alla Villa degli Olmi (privato)
 - Parco Gozzi oggi Giardino Dispersi sul Fronte Russo (pubblico)
 - Sponde del Po (proprietà pubbliche e private)
 - Zona circostante la strada che conduce al Monte dei Cappuccini (pubblica)
 - Zona collinare nel suo insieme ed in particolare (proprietà pubbliche e private)
 - Strada Panoramica collinare Superga - Colle della Maddalena (proprietà pubbliche e private).
-

ALLEGATO N. 5 (CAP II): LEGGE REGIONALE DEL 3 APRILE 1995 N. 50 - TUTELA E VALORIZZAZIONE DEGLI ALBERI MONUMENTALI, DI ALTO PREGIO NATURALISTICO E STORICO, DEL PIEMONTE

Articolo 1 - Finalità

1. La Regione Piemonte individua, in attuazione dell'articolo 5 dello Statuto gli alberi, i filari e le alberate monumentali, di interesse paesaggistico-ambientale e storico-culturale presenti sul territorio regionale e ne promuove la tutela e la valorizzazione.
2. Sono inclusi nella competenza della presente legge anche gli alberi, i filari e le alberate già sottoposti a vincolo di tutela da parte della legislazione regionale e nazionale.

Articolo 2 - Definizione

1. Ai fini della presente legge sono considerati alberi, filari ed alberate monumentali di interesse storico-culturale e ambientale-paesaggistico:
 - a) alberi isolati o facenti parte di formazioni boschive naturali o artificiali che per età o dimensioni possono essere considerati come rari esempi di maestosità o longevità;
 - b) alberi che hanno un preciso riferimento ad eventi o memorie rilevanti dal punto di vista storico o culturale;
 - c) filari ed alberate di particolare pregio paesaggistico, monumentale, storico-culturale, ivi comprese quelle inserite nei centri urbani.

Articolo 3 - Censimento

1. La Giunta Regionale, entro sessanta giorni dalla approvazione della presente legge adotta, con propria deliberazione, la metodologia di rilevazione ed una scheda di identificazione allo scopo di predisporre il censimento degli alberi, dei filari e delle alberate monumentali di interesse paesaggistico-ambientale e storico-culturale.
2. Il censimento deve raccogliere in particolare dati ed informazioni relativi a:
 - a) localizzazione;
 - b) proprietà;
 - c) caratteristiche floristiche e dendrometriche;
 - d) descrizione delle caratteristiche monumentali o storico-culturali o paesaggistico-ambientali che motivano l'inclusione nel censimento;
 - e) condizioni fitosanitarie, vulnerabilità, rischi ed eventuali interventi necessari per garantire la conservazione.
3. Singoli cittadini, Organi ed Enti pubblici o Associazioni possono segnalare alla Giunta Regionale l'esistenza di alberi, filari o alberate aventi le caratteristiche descritte all'articolo 2.
4. La Giunta Regionale sentito il parere obbligatorio e vincolante della Commissione Tecnica di cui all'articolo 4, predisporre ed aggiorna periodicamente l'Elenco degli alberi, dei filari e delle alberate monumentali, di interesse paesaggistico-ambientale e storico-culturale della Regione Piemonte, che viene pubblicato integralmente sul Bollettino Ufficiale della Regione Piemonte.
5. Gli alberi, i filari e le alberate inseriti in tale elenco devono essere individuati negli strumenti urbanistici comunali ai sensi dell'articolo 24 della legge regionale 5 dicembre 1977, n. 56.
6. L'inclusione nell'elenco di cui al comma 4 comporta, ai sensi dell'articolo 9 della L.R. 56/1977 l'istituzione del vincolo di cui alla legge 29 giugno 1939, n. 1497 sulla protezione delle bellezze naturali e panoramiche.

Articolo 4 - Commissione tecnica per la tutela e la valorizzazione degli alberi, filari ed alberate monumentali

1. È istituita la Commissione Tecnica per la tutela e la valorizzazione degli alberi, filari ed alberate monumentali.
2. La Commissione è composta da:

- a) Assessore ai Beni ambientali e paesaggistici o suo delegato con funzioni di Presidente;
- b) Assessore ai Beni culturali o suo delegato;
- c) rappresentante dell'Istituto per le piante da legno e l'ambiente (I.P.L.A.);
- d) rappresentante della Soprintendenza per i beni ambientali ed architettonici del Piemonte;
- e) rappresentante del Corpo Forestale dello Stato;
- f) rappresentante della Facoltà di Scienze Forestali dell'Università di Torino.

Svolge le funzioni di Segretario della Commissione un funzionario del Settore Beni ambientali e paesaggistici della Regione nominato con decreto del Presidente della Giunta Regionale. La Commissione è validamente costituita quando sia stata nominata la maggioranza dei suoi membri.

3. La Commissione formula parere obbligatorio e vincolante alla Giunta Regionale in merito alla inclusione nell'elenco di cui all'articolo 3 degli alberi, filari e alberate di cui è stata predisposta la scheda di identificazione.
4. La Commissione esprime inoltre parere in ordine ai finanziamenti per gli interventi di cura ordinaria e straordinaria, nonché di valorizzazione di cui agli articoli 5 e 6.
5. La Commissione esprime altresì parere obbligatorio e vincolante sull'eventuale abbattimento degli alberi, filari e alberate inclusi nell'Elenco di cui all'articolo 3.
6. La Commissione si riunisce su convocazione del Presidente, su richiesta dell'Assessore dei Beni ambientali e paesaggistici o dell'Assessore ai Beni culturali, o su richiesta di almeno un terzo dei suoi componenti.
7. Le riunioni della Commissione sono valide con la partecipazione della maggioranza assoluta dei componenti.
8. La Commissione dura in carica cinque anni e scade con lo scioglimento del Consiglio Regionale. Essa svolge la sua attività finché non siano insediati i nuovi componenti.
9. Ai membri della Commissione spettano per ogni riunione i gettoni di presenza e le eventuali indennità di rimborso spese previste dalla vigenti leggi regionali in materia.

Articolo 5 - Interventi di cura ordinaria e straordinaria

1. La Regione Piemonte eroga contributi per la cura ordinaria e straordinaria degli alberi, dei filari e delle alberate inclusi nell'elenco di cui all'articolo 3.
2. Gli interventi di cui al comma 1 sono eseguiti dai proprietari o dagli aventi diritto, su richiesta propria o della Regione Piemonte, a seguito di parere obbligatorio e vincolante di un esperto nominato dalla Giunta Regionale.

Articolo 6 - Interventi di valorizzazione

1. La Giunta Regionale, anche su istanza dei proprietari o degli aventi diritto, può promuovere iniziative di valorizzazione degli alberi, filari ed alberate inclusi nell'elenco di cui all'articolo 3, al fine di divulgarne la conoscenza ed il significato della tutela, nonché per migliorare il contesto territoriale ed ambientale circostante.
-

ALLEGATO N. 6 (CAP II): SCHEDA PER LA SEGNALAZIONE DEGLI ALBERI DI PREGIO

Alla CITTÀ DI TORINO
Settore Gestione Verde (o S.S.D.)
Via Cottolengo, 26
10152 Torino

OGGETTO: Segnalazione di interesse per la tutela degli "Alberi di Pregio" sulla base del Regolamento del Verde Pubblico e Privato della Città di Torino

Il sottoscrittorecapito tel.
Domiciliato in Via N.....
in qualità di
(specificare se privato cittadino, proprietario dell'albero segnalato, rappresentante Legale di Associazione)

Preso atto di quanto indicato dal Regolamento del Verde Pubblico e Privato adottato dalla Città di Torino con Delibera n. mecc. e più specificatamente di quanto previsto dall'Articolo 16 dello stesso, attraverso cui vengono invitati i cittadini ad apportare il proprio contributo alla tutela del patrimonio arboreo cittadino partecipando in tal senso alla segnalazione di esemplari arborei da valutare per l'inserimento dell'Elenco degli alberi di Pregio della Città di Torino;

Considerato altresì che l'esemplare oggetto della presente segnalazione, situato in apparirebbe a giudizio dello scrivente possedere i requisiti stabiliti dal Regolamento sulla base dell'Articolo 17 per la definizione di alberi di pregio,

segnala e sottopone all'esame del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) della Città di Torino la documentazione allegata costituita da:

1. Scheda informativa - (*Fac simile di scheda per la segnalazione degli alberi di pregio*)
2. Planimetria
3. documentazione fotografica (n. foto:)
4. eventuale altra documentazione a supporto:

Nella speranza di aver fornito un utile contributo alla tutela del patrimonio arboreo della Città di Torino si resta a disposizione per ogni altra necessità e si porgono distinti saluti.

Data:

Firma:

FAC SIMILE DI SCHEDA PER LA SEGNALAZIONE DEGLI ALBERI DI PREGIO

LOCALIZZAZIONE		Circoscrizione:	
Via:		No. civico:	
Riferimenti utili per la localizzazione:		
Su area pubblica	SI NO	Parco o area verde	SI NO
		Banchina stradale, spartitraffico	SI NO
		Alberata	SI NO
		Parcheeggio alberato	SI NO
Proprietà privata	Proprietari:		SI NO
		
	I proprietari sono a conoscenza dell'ipotesi di segnalazione dell'albero alla Città?		SI NO
	I proprietari sono d'accordo e sottoscrivono la segnalazione dell'albero alla Città?		SI NO
Visitabilità:	pubblica privata	Visibilità:	esterna interna

CARATTERISTICHE TECNICHE			
Specie:		Altezza:	mt. Età presunta:
Circonferenza tronco a 1,30 mt da terra	mt.	Diametro proiezione chioma a terra:	mt.
Pianta isolata	SI NO	Gruppo di piante	SI NO
Pianta in filare	SI NO	Boschetto di piante	SI NO
Vicina a filare	SI NO	Pianta a ceppaia (con più tronchi)	SI NO

ALLEGATO N. 7 (CAP III): ELENCO DELLE PRINCIPALI SPECIE ARBOREE SUDDIVISE IN CLASSI DI GRANDEZZA PRESENTI NEL TERRITORIO DELLA CITTA' DI TORINO

Nella tabella sottostante si riporta un elenco delle principali specie nella pianura piemontese ed in ambito collinare suddivise in tre categorie:

- a) autoctone spontanee (1)
 - b) autoctone non spontanee come fascia climatica (2)
 - c) esotiche/ornamentali acclimatate (3)
- Tali specie sono inoltre suddivise in tre classi di grandezza.

SPECIE DI PRIMA GRANDEZZA (altezza piante > di 16 metri)	SPECIE DI SECONDA GRANDEZZA (altezza piante tra 10 e 16 metri)	SPECIE DI TERZA GRANDEZZA (altezza piante < 10 metri)
Abies alba (2)	Abies cephalonica (3)	Acer davidii (3)
Abies nordmanniana (3)	Acer campestre (1)	Acer ginnala (3)
Ailanthus altissima (3)	Acer platanoides (1)	Acer japonicum (3)
Cedrus atlantica (3)	Acer pseudoplatanus (1)	Acer lobelii (3)
Cedrus deodara (3)	Acer saccharinum (3)	Acer monspessulanum (2)
Cedrus libani (3)	Acer saccharum (3)	Acer negundo (3)
Celtis australis (1)	Aesculus hippocastanum (3)	Acer opalus (1)
Cupressus sempervirens (2)	Aesculus x carnea (3)	Acer palmatum (3)
Fagus sylvatica (1)	Alnus cordata (2)	Acer palmatum 'Atropurpureum' (3)
Fagus sylvatica 'Pendula' (3)	Alnus glutinosa (1)	Albizia julibrissin (3)
Fagus sylvatica 'Atropurpurea' (3)	Alnus incana (2)	Amelanchier canadensis (3)
Fraxinus excelsior (1)	Araucaria araucana (3)	Amelanchier laevis (3)
Juglans nigra (3)	Betula alba (2)	Arbutus unedo (2)
Juglans regia (1)	Betula verrucosa (2)	Carpinus betulus (1)
Larix decidua (2)	Calocedrus decurrens (3)	Carpinus betulus 'Pyramidalis' (2)
Metasequoia glyptostroboides (3)	Carya ovata (3)	Catalpa bignonioides (3)
Picea abies (2)	Chamaecyparis lawsoniana (3)	Catalpa bungei (3)
Picea omorika (3)	Cupressocyparis leylandii (3)	Ceratonia siliqua (2)
Pinus strobus (3)	Ginkgo biloba (3)	Cercis siliquastrum (2)
Platanus occidentalis (3)	Gleditsia triacanthos (3)	Clerodendron trichotomum (3)
Platanus orientalis (3)	Liquidambar styraciflua (3)	Cornus kousa (3)
Platanus x acerifolia (3)	Liriodendron tulipifera (3)	Corylus avellana (1)
Populus alba (1)	Magnolia grandiflora (3)	Crataegus monogyna (1)
Populus nigra (1)	Ostrya carpinifolia (2)	Crataegus oxyacantha (1)
SPECIE DI PRIMA GRANDEZZA (altezza piante > di 16 metri)	SPECIE DI SECONDA GRANDEZZA (altezza piante tra 10 e 16 metri)	SPECIE DI TERZA GRANDEZZA (altezza piante < 10 metri)
Populus nigra italica (1)	Paulownia tormentosa (3)	Crataegus oxyacantha 'Paul's Scarlet' (3)
Populus tremula (1)	Pinus nigra (2)	Diospyros kaki (3)
Pseudotsuga (menziesii) (3)	Pinus pinea (2)	Diospyros virginiana (3)
Pterocarya fraxinifolia (3)	Pinus sylvestris (1)	Eriobotrya japonica (3)
Quercus cerris (1)	Pinus wallichiana (3)	Fraxinus ornus (2)
Quercus petraea (1)	Prunus avium (1)	Fraxinus oxycarpa (2)
Quercus robur (1)	Quercus coccinea (2)	Hibiscus syriacus (3)
Quercus robur 'Pyramidalis' (1)	Quercus frainetto (2)	Koelreuteria paniculata (3)
Quercus rubra (3)	Quercus palustris (3)	Laburnum anagyroides (1)
Robinia pseudoacacia (3)	Salix alba (1)	Lagerstroemia indica (3)
Sequoia sempervirens (3)	Salix babilonica (3)	Laurus nobilis (2)
Sequoiadendron giganteum (3)	Sophora japonica (3)	Magnolia X soulangeana (2)
Taxodium distichum (3)	Thuja occidentalis (3)	Malus communis (1)
Thuja plicata (3)	Thuja orientalis (3)	Malus floribunda (3)
Tilia cordata (1)	Trachycarpus fortunei (3)	Morus alba (1)
Tilia hybrida 'Argentea' (3)	Ulmus campestris (1)	Morus nigra (1)
Tilia plathyphyllos (1)	Ulmus carpinifolia (1)	Olea europaea (2)
Tilia tomentosa (3)	Ulmus glabra (2)	Parrotia persica (3)
Ulmus pumila (3)	Zelkova serrata (3)	Pinus pinaster (2)
		Prunus cerasifera 'Pissardii' (3)
		Prunus lusitanica (3)
		Prunus mahaleb (2)
		Prunus padus (1)
		Prunus serotina (2)
		Prunus serrulata 'Accolade' (3)
		Prunus serrulata 'Kanzan' (3)
		Punica granatum (2)
		Pyrus calleriana (3)

		Pyrus salicifolia (3)
		Quercus ilex (2)
		Quercus pubescens (1)
		Rhus tiphyna (3)
		Robinia hispida 'Rosea' (3)
		Robinia pseudoacacia 'Umbraculifera' (3)
SPECIE DI PRIMA GRANDEZZA	SPECIE DI SECONDA GRANDEZZA	SPECIE DI TERZA GRANDEZZA
(altezza piante > di 16 metri)	(altezza piante tra 10 e 16 metri)	(altezza piante < 10 metri)
		Salix caprea (2)
		Sophora japonica 'Pendula' (3)
		Sorbus aria (1)
		Sorbus aucuparia (2)
		Sorbus aucuparia (2)
		Sorbus domestica (1)
		Tamarix gallica (2)
		Tamarix pentandra (2)
		Tamarix tetrandra (2)
		Taxus baccata (2)

ALLEGATO N. 8: MANOMISSIONI E RIPRISTINI DELLE AREE VERDI E ALBERATE DELLA CITTÀ

Premessa

1. Il presente Allegato è uno degli strumenti primari per la gestione del territorio sistemato a verde, in particolare per la gestione e difesa delle alberate ed integra, con particolari norme il REGOLAMENTO DEL VERDE PUBBLICO E PRIVATO del quale fa parte integrante.
2. Sostituisce integralmente la "Regolamentazione dei lavori di ripristino conseguenti a manomissioni di aree verdi e alberate" (deliberazione Consiglio Comunale 13 dicembre 1993 n. 391).
3. Si collega, ed è parte integrante, per quanto riguarda il verde in generale, delle "Norme per l'esecuzione delle manomissioni e dei ripristini sui sedimi stradali della Città da parte dei grandi utenti del sottosuolo" approvato con deliberazione del Consiglio Comunale in data 13 dicembre 1999 (mecc. 9909420/33) esecutiva dal 27 dicembre 1999, modificato con deliberazione del Consiglio Comunale in data 4 dicembre 2000 (mecc. 2000 01295/33), giusto il richiamo dell'articolo 2 lettera b) circa i Lavori, le Occupazioni, le Concessioni, ecc. che possono manomettere, danneggiare, impegnare o in qualche modo interessare le aree verdi o banchine alberate della Città.
4. Le suddette norme in appresso saranno richiamate come "Regolamento per le manomissioni dei sedimi stradali".

TITOLO I: NORME GENERALI

Articolo 1 - Campo di applicazione

1. Le presenti norme si applicano a tutte le manomissioni ed ai relativi ripristini da effettuarsi da parte delle Società o Enti erogatrici dei pubblici servizi e dei privati, oltre che dei Settori Tecnici della Città, sul territorio cittadino sistemato a verde pubblico o che interessa le banchine alberate stradali considerate come proiezione della chioma sul terreno del soggetto arboreo adulto. Si applicano inoltre nel caso di lavori, di occupazioni, di concessioni, di cantieri e di steccati ecc. autorizzati o abusivi, che possono manomettere, danneggiare, impegnare o in qualche modo interessare le aree verdi o banchine alberate della Città, oltre che in presenza di impianti tecnologici collegati funzionalmente al verde.

Articolo 2 - Autorizzazione dei progetti

1. I progetti rientranti nel campo di applicazione di cui all'Articolo 1 devono essere preventivamente visionati dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.) che esprime parere tecnico vincolante ai sensi dell'articolo 30 del Regolamento del Verde Pubblico e Privato.
2. Tali progetti devono contenere, come previsto dall'articolo 30 del Regolamento, i seguenti documenti:
 - una planimetria quotata che individui le presenze vegetali su una porzione di terreno di almeno 20 metri oltre il limite dell'intervento;
 - il genere e la specie botanica dei soggetti arborei (alberi ed arbusti) ed il diametro del tronco a metri 1,30 da terra ;
 - il numero complessivo dei soggetti arborei interessati dalla futura manomissione del suolo, considerando che l'area di pertinenza deve intendersi come proiezione della chioma sul terreno del soggetto arboreo adulto;

- una relazione che specifichi i lavori da eseguire, l'ingombro del cantiere, la sua durata, le misure di salvaguardia adottate per preservare la vegetazione ed i manufatti eventualmente presenti, in conformità all'articolo 31 (obblighi e divieti nelle aree di cantiere) del presente Regolamento;
- una dichiarazione del richiedente relativa alla conoscenza di quanto previsto dalla normativa vigente in materia e contenente l'impegno ad eseguire i ripristini a propria cura e spese, nonché gli eventuali interventi agronomici specializzati (sia preparatori che successivi all'intervento stesso eventualmente richiesti dal Settore Gestione Verde - o S.S.D.) e ad indennizzare l'Amministrazione Comunale nel caso venissero provocati danni agli alberi di sua proprietà;
- una dettagliata documentazione fotografica;
- ove necessario, dovrà essere presentata al Settore competente, la richiesta di autorizzazione in deroga ai limiti vigenti in campo di inquinamento acustico;
- in particolare, per i soggetti privati, la richiesta di manomissione dovrà contenere la durata dell'intervento, l'impegno da parte del richiedente di indennizzare la Città di tutti i danni eventualmente prodotti dall'intervento oltre che ad effettuare l'intervento di ripristino del verde manomesso secondo le specifiche che saranno impartite dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.). Inoltre sono indispensabili tutti gli estremi di identificazione come la Ragione sociale, il recapito telefonico, l'indirizzo, la Partita IVA o il Codice fiscale.

Articolo 3 - Autorizzazione all'inizio dei lavori

1. Fatti salvi gli interventi urgenti ed indifferibili dovuti a guasti, che devono in ogni caso rispettare principi e norme contenute nel Regolamento, è vietato iniziare gli interventi di manomissione in assenza del documento autorizzativo.
2. Prima di iniziare la manomissione sia per la posa di nuovi impianti, sia per la riparazione di impianti esistenti, dovrà essere presentata al Settore Gestione Verde (o S.S.D.) una comunicazione (BOLLA) redatta su carta intestata della Società, in adeguato numero di copie, completa di tutti i dati richiesti e debitamente sottoscritta. In particolare dovrà contenere l'inizio e la fine della manomissione e l'impegno ad eseguire il ripristino definitivo delle aree verdi. Il tecnico responsabile di zona sulla bolla potrà elencare condizioni tecnico-agronomiche aggiuntive oltre a quelle contenute nel Regolamento, relativamente a come operare sia nella manomissione che nei lavori di ripristino, oltre che sulle tempistiche del ripristino definitivo del verde, con particolare riguardo alla stagione più opportuna per la realizzazione di tali interventi. Inoltre, per interventi che limitano particolarmente la fruizione di un giardino o sua struttura, potrà essere richiesto di porre in sito una adeguata comunicazione rivolta all'utenza con particolare riferimento alla durata dell'intervento.
3. In particolare per i soggetti privati, la richiesta di manomissione dovrà contenere la durata dell'intervento, l'impegno da parte del richiedente di indennizzare la Città di tutti i danni eventualmente prodotti dall'intervento oltre che ad effettuare l'intervento di ripristino del verde manomesso secondo le specifiche che saranno impartite dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.). Inoltre sono indispensabili tutti gli estremi di identificazione come la Ragione sociale, il recapito telefonico, l'indirizzo, la Partita IVA o il Codice fiscale.

Articolo 4 - Garanzie

1. Tutte le manomissioni dei privati, degli Enti o Società con notevole impatto sul sistema del verde o sulle alberate stradali ad esclusivo giudizio del Settore Gestione Verde (o S.S.D.), dovranno essere garantite da adeguata cauzione.

2. Il valore della cauzione è stabilito pari al 100 % del valore del ripristino definitivo da effettuare alla conclusione dei lavori, calcolato analiticamente sulle tavole di progetto. Qualora l'intervento sia soggetto al verde migliorato (compensazione) di cui al successivo articolo 6, il valore della cauzione dovrà comprendere anche l'importo dei lavori del verde migliorato (compensazione) da realizzare.
3. Il concessionario dovrà provvedere al versamento della cauzione mediante fidejussione bancaria o polizza fidejussoria, rilasciata da Società di Assicurazione in possesso dei requisiti richiesti dalla Legge 10 giugno 1982, n. 348, ai sensi dell'articolo 14 del vigente Capitolato Generale degli Appalti Municipali.
4. Le firme dei rappresentanti degli Istituti di Credito o delle Società di Assicurazione dovranno essere autenticate con l'indicazione della qualifica e degli estremi del conferimento dei poteri di firma. La cauzione dovrà essere consegnata all'Ufficio preposto del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) prima dell'inizio della manomissione.
5. La cauzione sarà svincolata dopo la consegna all'Ufficio preposto del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) della ricevuta comprovante l'avvenuto pagamento presso la Tesoreria della Città degli oneri ascritti alla manomissione, decorso un anno dalla presa in consegna delle aree da parte della Città, con le modalità descritte all'articolo 12.
6. Nel caso in cui il concessionario trascurasse ripetutamente, in modo grave, l'adempimento delle condizioni tecniche riportate nella autorizzazione, l'Amministrazione potrà di pieno diritto, senza formalità di sorta, richiedere la sospensione dei lavori, con diritto al risarcimento degli eventuali danni, procedendo all'incameramento della cauzione.
7. Se del caso potrà essere richiesto l'intervento della Polizia Municipale per verbalizzare la presenza di un cantiere abusivo, pericoloso, o per gravi danni arrecati all'arredo della città.
8. Il primo capoverso del presente articolo non si applica alle manomissioni eseguite direttamente dai Settori Tecnici comunali o dagli Enti o Società che eseguono interventi per ordine e per conto della Città.

Articolo 5 - Ripristino delle aree manomesse

1. Il ripristino delle aree manomesse dovrà essere eseguito direttamente a cura e spese del concessionario che ha condotto la manomissione. Dovranno essere applicate le norme tecnico-agronomiche previste nel *Capitolato Speciale d'Appalto* e nelle *Prescrizioni Tecniche* in vigore per la Manutenzione Ordinaria del Verde Pubblico all'epoca del ripristino. L'intervento dovrà essere eseguito a perfetta regola d'arte e nei tempi indicati nella Bolla di autorizzazione. Qualora l'intervento di ripristino non rispetti le Prescrizioni Tecniche suddette, verranno applicate le sanzioni amministrative previste dall'articolo 14.
2. La ditta incaricata dell'esecuzione dei lavori o servizi di ripristino del Verde Pubblico dovrà possedere adeguata esperienza nel campo agronomico, dovrà pertanto essere scelta tra le ditte elencate nell'*Albo dei Fornitori della Città* categoria Servizi (099) sottocategoria *Manutenzione del Verde* (0177) o in alternativa tra le ditte che operano, all'epoca dell'intervento, nella Manutenzione Ordinaria o Straordinaria del Verde Pubblico della Città e che non abbiano in corso procedimenti o contenzioso aperti.

Articolo 6 - Verde migliorato (compensazione ambientale)

1. Nel caso di lavori che penalizzino in modo significativo, per durata o estensione, il patrimonio verde, il concessionario sarà tenuto ad indennizzare la Città con un proporzionato miglioramento

qualitativo del verde penalizzato dall'intervento; in via subordinata, il concessionario sarà tenuto a contribuire per un pari importo alla riqualificazione di un appezzamento di verde limitrofo a scelta insindacabile della Città, nei casi in cui il verde pubblico interessato non possa essere ricostruito integralmente. Per le alberature si farà riferimento agli articoli 37 e 38 del Regolamento.

2. La compensazione ambientale deve essere realizzata in piena terra. Le somme necessarie agli interventi di compensazione dovranno essere inserite in quelle a disposizione dell'opera da realizzare previste nel quadro economico.

3. La città potrà richiedere al concessionario di favorire la comunicazione verso l'utenza con la esecuzione e posa a propria cura e spese di uno o più cartelloni che indichino quali lavori si stanno eseguendo, le date di inizio e fine dei lavori, le eventuali migliorie o azioni a difesa del verde esistente che saranno apportate con l'esecuzione dei lavori di ripristino dei siti. Una bozza di tale cartellone dovrà essere approvata dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.).

4. Qualora non vengano rispettate le suddette indicazioni verranno applicate le sanzioni amministrative previste dall'articolo 14.

TITOLO II: NORME TECNICHE

Articolo 7 - Disposizioni generali

1. I lavori autorizzati dovranno iniziare ed essere condotti secondo le tempistiche sottoscritte nella bolla di manomissione. Dovranno essere condotti senza arrecare danni all'arredo verde in generale ed all'utenza in particolare. Dovranno essere eseguiti da ditte specializzate secondo quanto richiamato all'Articolo 5. Il concessionario dovrà garantire alla Città che le ditte impegnate nella esecuzione dei lavori di ripristino del verde manomesso, nei confronti dei dipendenti impegnati, applichino il CCNL previsto per i rispettivi comparti lavorativi e che adempiano alle incombenze previste in materia di previdenza e di assicurazione. Inoltre, le ditte di cui sopra, dovranno possedere adeguata polizza Assicurativa di Responsabilità Civile non inferiore a 500.000,00 EURO (cinquecentomilaeuro).

2. Ogni responsabilità civile e penale relativa ad incidenti causati da cedimenti del sedime manomesso per guasti o fughe di sottoservizi è da attribuirsi esclusivamente ai Concessionari.

3. Per alcuni interventi da eseguirsi in siti particolari con presenza di alberate storiche o tutelate o realizzazioni a verde di eccellenza, dovranno essere utilizzati tutti gli accorgimenti tecnici, tecnologici e le strutture disponibili sul mercato (es. spingitubo, microtunneling, sistemi di aspirazione, escavatori a risucchio, soffiatori a pressione, trapiantatrici meccanizzate, ecc.) per evitare di arrecare danni irreparabili all'arredo verde di pregio con particolare riferimento alle alberate (in base a quanto disposto dall'articolo 32 del Regolamento).

4. Tutta la segnaletica e la delimitazione del cantiere occorrente per una gestione in sicurezza secondo le disposizioni di Legge, dovrà sottostare ai richiami enunciati nel Regolamento per le manomissioni dei sedimi stradali Articolo 3 lettere b) - c) - d).

5. I lavori relativi ad ogni singolo intervento, ripristino definitivo compreso, dovranno essere ultimati entro il tempo indicato nella bolla di manomissione.

6. Qualora i lavori non fossero ultimati o non eseguiti entro detto periodo verranno applicate le penali previste al successivo articolo 12.

Articolo 8 - Disposizioni tecniche per le manomissioni

A) Disposizioni generali:

1. In generale, l'esecuzione delle manomissioni che interessano il verde e le alberate devono essere condotte con estrema cautela attenendosi alle direttive del Regolamento ed alle indicazioni tecniche espresse nella bolla. Indicazioni particolari potranno essere emanate dai tecnici preposti al controllo dei lavori, anche verbalmente, nel corso delle operazioni di scavo, senza che queste possano determinare una variazione della data prevista per l'ultimazione degli stessi. Qualora le disposizioni tecniche suddette non vengano messe in opera verranno applicate le sanzioni amministrative previste dall'articolo 14.
2. Tutti i materiali di scavo non utilizzabili per il successivo riempimento dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere.

B) Scavi in prossimità di alberate:

1. Le manomissioni in corrispondenza di singole piante o alberate di Platano dovranno essere sottoposte ad esame e relativo parere tecnico vincolante oltre che del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) come previsto dagli articoli 30, 31, 32 e 33 del Regolamento, anche del Settore Fitosanitario della Regione Piemonte, ai sensi del D.M. 17/04/1998³³ e della Circolare Ministeriale n. 33686 del 18 giugno 1998 "*Disposizioni sulla lotta obbligatoria contro il cancro colorato del platano, Ceratocystis fimbriata*". È compito del Settore Gestione Verde (o S.S.D.), quale custode del patrimonio arboreo cittadino, inoltrare le richieste alla Regione Piemonte.
2. Per quanto concerne la difesa delle piante in aree di cantiere e il rispetto delle distanze in caso di scavi occorre far riferimento agli articoli 30, 31, 32 e 33 contenuti nel Capitolo 3 Titolo II del Regolamento - Norme per la difesa delle piante in aree di cantiere. Ulteriori prescrizioni possono essere indicate nella Bolla autorizzativa.
3. Il mancato rispetto delle distanze di scavo dagli alberi comporterà l'applicazione delle sanzioni amministrative previste dall'articolo 14.
4. Qualora vi sia il dubbio che uno scavo e successivo riempimento abbiano prodotto lesioni all'apparato radicale di un soggetto arboreo, i tecnici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) possono richiedere di riaprire lo stesso per le necessarie verifiche tecniche del caso, come previsto dall'articolo 30 del Regolamento.

C) Allestimento cantieri su aree verdi e alberate (vedi articoli 31, 32, 33, 34, 35 del Regolamento):

1. Tutti gli alberi presenti nell'ambito del cantiere devono essere protetti con solida struttura che consenta di evitare danni a fusto, chioma ed apparato radicale.
2. Non saranno ammessi la posa di pavimentazioni impermeabili anche se temporanee, l'accatastamento di attrezzature o materiali alla base o contro le piante, arredi, ecc., l'infissione di chiodi o appoggi, l'installazione di corpi illuminanti e di cavi elettrici sugli alberi, l'imbragamento dei tronchi, ecc..
3. Particolare attenzione dovrà essere posta nello smaltimento delle acque di lavaggio, nella manipolazione e accumulo in cantiere di altre sostanze inquinanti (carburanti, lubrificanti, leganti, ecc.) nonché nel governo delle fonti di calore e di fuoco.
4. Dovrà essere mantenuto libero l'accesso alle piante per tutti gli interventi manutentivi ritenuti necessari dai tecnici preposti.

5. Nel caso di esemplari arborei di particolare pregio o conformazione, potrà essere richiesta l'interdizione del cantiere dalla superficie corrispondente alla proiezione della chioma sul terreno per mezzo di opportuna recinzione. Qualora l'allestimento del cantiere in ordine generale non rispetti le regole suddette, saranno applicate le sanzioni amministrative previste dall'articolo 14. Ulteriori puntuali prescrizioni sanzionatorie sono previste dall'articolo 31 e seguenti del Regolamento.

D) Manomissione del verde orizzontale:

1. Il materiale di risulta proveniente dagli scavi e contenente inerti derivanti da demolizione di manufatti preesistenti (calcestruzzo, laterizi, asfalto, ecc.) ricco di pietrame e/o ciottoli, nonché quello risultante dalle superfici danneggiate da transito di veicoli e da accumuli di materiali, dovrà essere allontanato dal concessionario al momento stesso della manomissione. A manomissione ultimata la colmataura degli scavi (ripristino provvisorio) ad opera del concessionario dovrà essere effettuata secondo le norme seguenti:

- 1) asportazione del materiale non compatibile (inerti, zolle, ciottoli, ecc.), e apporto di terra agraria per ripristinare la quota richiesta con l'area circostante non manomessa;
- 2) accurato assestamento, pulizia del sito e livellamento del terreno.

Articolo 9 - Colmataura degli scavi (ripristino provvisorio)

1. Nel caso in cui gli scavi aperti creino pericolo o grave disagio all'utenza, od alla normale circolazione veicolare o pedonale, la Città si riserva di procedere direttamente alla esecuzione di interventi di ripristino provvisorio addebitandone i costi al Concessionario oltre che ad una penale del 20% sull'importo dei lavori per il recupero delle spese indirette sostenute. Per la contabilizzazione l'addebito dei lavori si procederà come previsto all'articolo 13.

2. Per le pavimentazioni di qualsiasi tipo di parchi, giardini e banchine sterrate, per i ripristini provvisori valgono le disposizioni enunciate nel Regolamento per le manomissioni dei sedimi stradali. Qualora la tenuta del cantiere, gli scavi aperti, il ripristino provvisorio creino pericolo o disagio all'utenza, alla circolazione veicolare o pedonale, saranno applicate le sanzioni amministrative previste dall'articolo 14.

3. Per le aree sistemate a verde e per le banchine alberate il Concessionario si atterrà alle seguenti disposizioni tecnico-agronomiche:

- a) riempimento dello scavo, da effettuarsi a carico del Concessionario, dovrà essere fatto completamente con terra agraria, sia di recupero che di nuovo apporto, salvo quanto potrà essere richiesto dalla bolla di autorizzazione allo scavo;
- b) il materiale utilizzato per il riempimento degli scavi, sia di recupero che di nuovo apporto, dovrà sottostare alle prescrizioni tecniche di cui all'articolo 5.

Articolo 10 - Disposizioni generali per l'esecuzione dei ripristini definitivi

1. I lavori di ripristino definitivo del verde manomesso dovranno essere realizzati, oltre che secondo quanto riportato in generale nell'articolo 5 ed in particolare nell'articolo 11 seguente, anche secondo le eventuali indicazioni tecniche puntualmente riportate nella bolla autorizzativa o impartite verbalmente dai tecnici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.), ed eseguiti a perfetta regola d'arte.

2. Le prescrizioni tecniche di ordine generale sono contenute nelle prescrizioni tecniche in vigore

³³ Decreto del 17 aprile 1998 - *Disposizioni sulla lotta obbligatoria contro il cancro colorato del platano*

per la Manutenzione Ordinaria in corso al momento dell'esecuzione dei ripristini.

Articolo 11 - Prescrizioni tecniche particolari circa l'esecuzione dei ripristini definitivi

1. Per esemplificare si considerano le seguenti tipologie di verde:

A) Prati estensivi e tappeti erbosi, aree prative

Le aree prative dovranno essere ripristinate con la formazione dei piani e delle pendenze originari, e con tutte le lavorazioni previste dalle prescrizioni tecniche del caso.

Si intende per prato estensivo una superficie inerbita costituita da un miscuglio di specie con prevalenza di graminacee a tessitura del manto grossolana, che richiede un numero limitato di tagli annuali, ed avente destinazione d'uso "ricreazionale".

Si intende per tappeto erboso una superficie inerbita costituita da un miscuglio di graminacee a tessitura fine, che richiede un numero elevato di tagli annuali ed avente destinazione d'uso prevalentemente "ornamentale".

Il miscuglio di erbe da utilizzarsi nella semina del tappeto erboso dovrà essere di qualità particolarmente selezionata; in aiuole o giardini di particolare pregio o rappresentanza, o durante il periodo autunnale ed invernale, ad insindacabile richiesta del Settore Gestione Verde (o S.S.D.), dovrà essere effettuato il ripristino a "pronto effetto" con "zolle erbose", includendo nell'onere del ripristino anche gli innaffiamenti dovuti per un corretto attecchimento per almeno 30 giorni successivi all'impianto.

Qualora il ripristino definitivo non rispetti le prescrizioni tecniche richieste saranno applicate le sanzioni amministrative previste dall'articolo 14.

B) Fioriture

Il ripristino della manomissione di aiuole fiorite sarà effettuato con tutte le forniture e lavorazioni agronomiche previste dalle prescrizioni tecniche del caso. In particolare si dovrà sostituire integralmente il substrato di coltivo con materiale certificato ed adatto alla coltivazione floreale in essere, oltre che essere accettato dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.). Il ripristino si intende comprensivo della fornitura e posa delle piantine da fiore distrutte, innaffiamenti e sostituzione delle fallanze con verifica dopo 5 (cinque) giorni dal piantamento utilizzando piantine della medesima specie e dimensione di quelle danneggiate.

Qualora il ripristino definitivo non rispetti le prescrizioni tecniche richieste saranno applicate le sanzioni amministrative previste dall'articolo 14.

C) Tappezzanti

Il ripristino della manomissione di parcelle di terreno ricoperte da specie tappezzanti erbacee, arbustive o perenni sarà effettuato con tutte le forniture e lavorazioni agronomiche previste dalle prescrizioni tecniche del caso. In particolare si dovrà sostituire integralmente il substrato di coltivo con materiale certificato ed adatto alle coltivazioni in essere, oltre che essere accettato dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.). Il ripristino si intende comprensivo della fornitura e posa delle essenze arbustive od erbacee o perenni distrutte, innaffiamenti e sostituzione delle fallanze con verifica dopo 15 (quindici) giorni dal piantamento utilizzando soggetti della stessa specie e dimensione di quelle danneggiate (esemplari a pronto effetto).

Qualora il ripristino definitivo non rispetti le prescrizioni tecniche richieste saranno applicate le sanzioni amministrative previste dall'articolo 14.

"Ceratocystis fimbriata".

D) Alberate

Il ripristino della manomissione di una alberata o anche di un solo soggetto arboreo sarà effettuato con tutte le forniture e lavorazioni agronomiche previste dalle prescrizioni tecniche del caso. La sostituzione di soggetti abbattuti e /o l'aggiunta di piante come verde migliorato (compensazione ambientale - vedasi articolo 37 del Regolamento) dovrà essere fatta secondo le prescrizioni fornite dall'articolo 20 del Regolamento.

Il materiale vegetale dovrà essere di prima qualità e conforme agli standard in uso al Settore; per quantitativi rilevanti (numero di piante superiore a 30) dovrà essere visionato e punzonato dai tecnici della Pubblica Amministrazione direttamente in vivaio.

L'operazione s'intende comprensiva della fornitura del materiale vegetale, della messa a dimora, delle cure colturali relative all'anno di garanzia (bagnamenti, controllo tutori, rifacimento bacino, scerbature, ecc.).

Qualora il ripristino definitivo non rispetti le prescrizioni tecniche richieste saranno applicate le sanzioni amministrative previste dall'articolo 14.

E) Arredi, giochi e recinzioni

Il ripristino della manomissione, danneggiamento, demolizione o della rimozione di arredi, attrezzature giochi e recinzioni sarà effettuato con tutte le forniture e lavorazioni previste dalle prescrizioni tecniche del caso, mediante sostituzione con materiali e attrezzature di nuova fornitura o ricollocazione di quanto rimosso, se in condizioni accettate dal Settore Gestione Verde (o S.S.D.).

In particolare per il rifacimento o ripristino di campi giochi bimbi o parti di essi, dovranno essere rispettate le prescrizioni dettate dalle norme UNI EN 1176-1177 ed UNI EN 11123 del 2004: "Guida alla progettazione dei parchi e delle aree da gioco all'aperto".

Ulteriori prescrizioni sono previste dall'articolo 65 del Regolamento: "Criteri per la progettazione e l'allestimento di parchi e aree gioco".

Qualora il ripristino definitivo non rispetti le prescrizioni tecniche richieste saranno applicate le sanzioni amministrative previste dall'articolo 14.

F) Pavimentazioni e delimitazioni

Per le pavimentazioni di qualsiasi tipo di parchi, giardini e banchine sterrate, per i ripristini definitivi valgono le disposizioni tecniche del Regolamento per le manomissioni dei sedimi stradali nelle diverse tipologie dei casi.

Qualora il ripristino definitivo non rispetti le prescrizioni tecniche richieste saranno applicate le sanzioni amministrative previste dall'articolo 14.

TITOLO III: RESPONSABILITÀ

Articolo 12 - Consegna delle aree, ripresa in carico da parte della città

1. Dalla data di consegna che compare sulla Bolla autorizzativa, i sedimi sono in carico all'utente concessionario e rimarranno fino alla riconsegna alla Città dopo la certificazione di regolare esecuzione dei lavori che avverrà previa verifica tecnica con sopralluogo dei tecnici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.). La data del sopralluogo dovrà essere apposta sulla bolla autorizzativa. Nel caso di intervento effettuato sotto garanzia di Fidejussione dovrà essere emesso un documento formale sottoscritto dalle parti che, inoltre, autorizzi dal punto di vista tecnico lo svincolo della Fidejussione. Qualora tra le parti

sorgano contestazioni, il verbale di cui sopra dovrà essere redatto da tecnico agronomo abilitato (Perito Agrario, Agronomo o Forestale) su incarico ed a spese del concessionario.

2. Ogni giorno di ritardo nella riconsegna delle aree, rispetto alla data prevista dalla bolla autorizzativa, sarà soggetto ad una penale del 5% sull'importo dei lavori con un minimo di Euro 100,00 (Eurocento/00) per spese indirette sostenute dalla Città.

3. Durante il periodo di tenuta in carico delle aree da parte del Concessionario, le stesse sono in carico manutentivo all'utente Concessionario in quanto committente dei lavori.

4. Le responsabilità civili e penali in caso di incidenti o danni che si dovessero verificare a causa della manomissione e ripristino tra la data di consegna delle aree al Concessionario e un anno dopo la data di ripresa in carico da parte della Città sono esclusivamente attribuibili al Concessionario.

5. La Città non ha alcuna responsabilità in merito al rispetto delle leggi anti-infortunistiche nel corso dei lavori e in quelle concernenti la formazione dei cantieri mobili, né in merito alle leggi che in qualche modo possono essere pertinenti con la realizzazione dell'opera: tali responsabilità ricadono esclusivamente sul Concessionario. Nel caso di palesi violazioni ai richiami legislativi di cui sopra, riscontrate nel corso di sopralluoghi da parte dei tecnici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.), si allenterà il comando della Polizia Municipale e si potrà procedere alla sospensione del cantiere.

6. Ogni più ampia responsabilità per qualsiasi evento di danno a terzi che si dovesse verificare in dipendenza della manomissione, della occupazione del Suolo Pubblico e della esecuzione dell'opera ricadrà esclusivamente sul Concessionario, restando perciò la Città totalmente esonerata ed altresì manlevata ed indenne da ogni pretesa risarcitoria eventualmente formulata nei suoi confronti da soggetti terzi.

Articolo 13 - Azione di verifica e controllo

1. La Città, attraverso il personale del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) verificherà l'osservanza delle prescrizioni allegate al presente Regolamento.

2. L'azione di controllo si protrarrà fino alla data di presa in consegna delle aree da parte della Città.

3. Qualora, per i casi di particolare urgenza ed indifferibilità per grave pericolo, anche se dopo la data di presa in consegna dei siti, ma entro il periodo di garanzia di un anno, si verificassero dei vizi di esecuzione dei lavori di ripristino, certi e documentati, la Città potrà richiedere al Concessionario di far ripristinare le parti difettose non eseguite a regola d'arte. In caso di inadempienza, la Città si riserva di procedere direttamente alla loro esecuzione, previo avviso scritto al Concessionario e sua messa in mora, incaricando una ditta appaltatrice dei lavori o servizi di Manutenzione Ordinaria del Verde Pubblico, con l'applicazione dei prezzi vigenti al momento dell'esecuzione dei lavori di ripristino e contenuti nei contratti delle diverse ditte appaltatrici delle Manutenzioni Ordinarie territorialmente competenti nei diversi lotti in cui è suddivisa la Città, con l'addebito delle relative spese al Concessionario, oltre che ad una penale del 20% sull'importo dei lavori per spese indirette sostenute dalla Città, fatti salvi tutti i danni materiali che potrebbero derivare al patrimonio della Città.

Articolo 14 - Sanzioni - Penalità

1. Ogni violazione e inosservanza delle norme e prescrizioni del presente allegato al Regolamento è punita con la sanzione amministrativa pecuniaria specificamente determinata con provvedimento della Civica Amministrazione, in conformità della disciplina generale di cui al capo I della Legge 24 novembre 1981, n.689; secondo quanto previsto dall'articolo 7 bis del Decreto Legislativo 18 agosto 2000 n. 267 (Testo Unico delle Leggi sull'Ordinamento degli Enti Locali), da un minimo di 25 Euro ad

un massimo di 500 Euro Nella tabella sottostante, viene individuata la procedura sanzionatoria progressiva a seconda della diversa gravità comportamentale posta in essere dal soggetto che ha effettuato la manomissione o responsabile della violazione. Inoltre, se del caso, con l'applicazione della sanzione amministrativa accessoria del ripristino dello stato dei luoghi a cura e spese del responsabile della violazione e dell'inosservanza.

2. All'accertamento ed alla contestazione delle violazioni e delle inosservanze delle norme e prescrizioni comunque riferibili a materia pertinente la salvaguardia del verde pubblico, purchè costituenti illecito amministrativo, può procedere anche il personale del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) avente qualifica non inferiore al livello funzionale "C" e munito di apposito documento di riconoscimento.

3. Le sanzioni amministrative di cui al primo comma si applicano indipendentemente da altri oneri, di qualsiasi natura, che al responsabile della violazione o inosservanza possano derivare in conseguenza della violazione o inosservanza delle medesime.

TABELLA DELLE SANZIONI AMMINISTRATIVE		
Articolo	Sanzione (in Euro)	Pagamento in misura ridotta entro 60 giorni (in Euro)
ARTICOLO 3 - Autorizzazione all'inizio dei lavori	Da 25,00 a 500,00	50,00
ARTICOLO 5 - Ripristino delle aree manomesse	Da 80,00 a 500,00	160,00
ARTICOLO 6 - Verde migliorato (compensazione ambientale)	Da 80,00 a 500,00	160,00
ARTICOLO 8 - Disposizioni tecniche per le manomissioni		
Punto A) Disposizioni generali	Da 50,00 a 300,00	100,00
Punto B) Scavi in prossimità di alberate	Da 80,00 a 500,00	160,00
Punto C) Allestimento cantieri su aree verdi e alberate (vedi Articolo 31 e 33 del Regolamento)	Da 50,00 a 300,00	100,00
ARTICOLO 9 - Colmatura degli scavi (ripristino provvisorio)	Da 50,00 a 300,00	100,00
ARTICOLO 11 - Prescrizioni tecniche particolari circa l'esecuzione dei ripristini definitivi		
Punto A) - Prati estensivi e tappeti erbosi, aree prative	Da 50,00 a 300,00	100,00
Punto B) - Fioriture	Da 50,00 a 300,00	100,00
Punto C) Tappezzanti	Da 50,00 a 300,00	100,00
Punto D) Alberate	Da 80,00 a 500,00	160,00
Punto E) Arredi, giochi e recinzioni	Da 80,00 a 500,00	160,00
Punto F) Pavimentazioni e delimitazioni	Da 50,00 a 300,00	100,00

Fatte salve le sanzioni previste dalla Legge, di competenza degli Enti preposti, e le sanzioni enunciate nel presente articolo, al Concessionario verrà applicata una **penalità nei casi previsti negli articoli 9 - 12 - 13 - 19**.

4. Salvo i casi di particolare urgenza ed indifferibilità per grave pericolo, la penalità sarà segnalata al Concessionario con apposito verbale, corredato dalla prescrizione di termini temporali per la regolarizzazione delle situazioni anomali riscontrate, il relativo importo sarà addebitato al Concessionario con il deconto degli oneri tariffari. Il mancato rispetto dei suddetti termini temporali comporterà la reiterazione della penalità.

TITOLO IV: TARIFFAZIONE - INDENNIZZI

Articolo 15 - Suddivisione in zone e tipologie

1. Poiché le manomissioni in genere procurano un degrado al verde manomesso, non solo per l'area di scavo ma anche per il transito dei mezzi, depositi, ecc. che possono provocare assestamenti o compattazione del suolo, danneggiamenti alle alberate, rovina del manto erboso o delle tappezzanti radicate, rovina di area attrezzata, arredo, ecc. oltre che al disagio generale apportato all'utenza per il mancato utilizzo dell'area, ad ogni manomissione verrà applicato un compenso da corrispondere alla Città con le tariffe e le modalità previste nei successivi capoversi.

2. La Città viene suddivisa in 2 zone:

- A) Aree verdi o banchine alberate corrispondenti alle Circoscrizioni 1- 8 parte piana (verde di eccellenza e di alta visibilità) o corrispondenti ad aree o banchine alberate tutelate dal D.M.

del 22 febbraio 1964³⁴ oppure rientranti nel perimetro del Parco Fluviale del Po Torinese (verde ad alta valenza estetico ambientale); parchi e giardini storici³⁵.

- B) Aree verdi o banchine alberate corrispondenti alle Circoscrizioni 2-3-4-5-6-7-8 parte collina 9-10 se non comprese nel precedente elenco.
3. Le aree verdi, parchi o giardini vengono suddivise nelle seguenti tipologie:
- 1) Verde di eccellenza (parchi e giardini ad elevata attività manutentiva).
 - 2) Banchine alberate con soggetti arborei di almeno 20 anni di impianto.
 - 3) Verde di quartiere, spartitraffici, banchine alberate con soggetti arborei il cui impianto è inferiore ai 10 anni.
 - 4) Verde marginale (scarpate, banchine inerbite naturalmente, ecc.).

Articolo 16 - Tariffazione

Alle varie tipologie di verde viene applicata la seguente tariffazione:

Tipologia 1 e 2: EURO/mq. 12,00.

Tipologia 3: EURO/mq. 9,00.

Tipologia 4: EURO/mq. 5,00 - A questa tipologia di verde non si applica la maggiorazione di cui alle tipologie A) e B).

Per le zone di tipo A) si applicherà una maggiorazione del 10 %.

Per le zone di tipo B) si applicherà una maggiorazione del 5 %.

Articolo 17 - Contabilizzazione e decontazione

1. La superficie del ripristino eseguito verrà misurata dai tecnici della città in contraddittorio con i tecnici del Concessionario. La contabilizzazione sarà effettuata sulla bolla di riferimento, applicando la tariffa appropriata di cui all'Articolo 16. Con il deconto saranno anche contabilizzate le eventuali penalità applicate.
2. I deconti avranno cadenza trimestrale, il relativo pagamento sarà effettuato tramite la Tesoreria della Città.

TITOLO V: DANNI

Articolo 18 - Danni a soggetti arborei

1. Quanto riportato al precedente articolo 14 lascia salva ed impregiudicata ogni altra possibilità della Città di addebito al concessionario del valore ornamentale e/o del danno biologico in caso di

³⁴ Decreto Ministeriale del 22 febbraio 1964: "Dichiarazione di notevole interesse pubblico dei viali alberati del Comune di Torino".

³⁵ Si individuano come parchi e giardini storici tutte le aree verdi (vedi articolo 15 del Regolamento):

- sulle quali è stato posto apposito vincolo legislativo in base alla Legge n. 1089 del 1 giugno 1939 "*Tutela delle cose d'interesse artistico o storico*", poi sostituita dal Decreto Legislativo del 29 ottobre 1999, n. 490 "*Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali*" e in base al Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n. 42 "*Codice dei beni culturali e del paesaggio*";
- annesse agli edifici di proprietà di Enti Pubblici o Locali con più di 50 anni;
- annesse a edifici di culto e/o di proprietà di Enti Religiosi con più di 50 anni;
- annesse a edifici situati all'interno della zona urbana centrale storica (art. 10 N.U.E.A.³⁵) nonché delle zone urbane storico-ambientali (art. 11 N.U.E.A.) con età maggiore di 50 anni.

Inoltre, si individuano come parchi e giardini storici:

- i parchi e i giardini annessi agli immobili soggetti a vincolo ai sensi della Legge n. 1089 del 1 giugno 1939 e della Legge n. 1497 del 20 giugno 1939 (sostituite dal Decreto Legislativo del 29 ottobre 1999, n. 490 ed inseguito dal Decreto Legislativo n. 42 del 2004) nonché i punti panoramici segnalati per particolare valore

danneggiamenti non ripristinabili a soggetti arborei. Con il deonto saranno anche contabilizzate le eventuali penalità derivanti dai danni a soggetti arborei.

2. Il calcolo del valore ornamentale e/o del danno biologico devono essere effettuati da un tecnico e/o funzionario competente del Settore Gestione Verde (o S.S.D.).

Metodologie per la stima del valore ornamentale

A) ABBATTIMENTI

Nel caso il Settore Gestione Verde (o S.S.D.) debba procedere in proprio o autorizzi l'abbattimento di piante gravemente danneggiate o compromesse nella loro stabilità a causa di lavori effettuati nelle adiacenze, o a seguito di incidenti provocati da veicoli oppure debba occuparsi della rimozione di esemplari ubicati in aree/sedi di nuovi interventi infrastrutturali, la Città si riserverà il diritto di richiedere "l'indennizzo" determinato in base alla stima del valore ornamentale dei soggetti vegetali coinvolti.

Esso rappresenta il valore di mercato che consente di definire il costo di riproduzione del bene albero, adottando un procedimento di tipo parametrico con variabili in base al prezzo d'acquisto, valore estetico, ubicazione urbana, dimensioni e alle condizioni di salute, secondo quanto indicato nelle tabelle sottostanti.

L'indennizzo complessivo **I** sarà determinato da una formula che tiene conto dei seguenti parametri:

a Prezzo di vendita al dettaglio: ricavato dal Prezziario Nazionale Assoverde in vigore o dai "Prezzi di riferimento per Opere e Lavori Pubblici della Regione Piemonte" ridotti del 24,30% (utile d'impresa), in difetto dal preventivo firmato da un vivaista o da un professionista competente e abilitato.

b Indice relativo alla specie e varietà. Il valore da prendere in considerazione è la decima parte del prezzo di vendita unitario di una pianta di circonferenza 10-12 cm per le latifoglie o 15-18 cm per le conifere (altezza delle conifere 2,50-3,00 m).

$$b = a/10$$

c Indice secondo il valore estetico e lo stato fitosanitario:

10 = pianta sana, vigorosa, solitaria o esemplare;

9 = pianta sana, vigorosa, facente parte di un filare;

8 = pianta sana, vigorosa, in gruppo;

7 = pianta sana, media vigoria, solitaria o esemplare;

6 = pianta sana, media vigoria, in filare;

5 = pianta sana, media vigoria, in gruppo;

3 = pianta poco vigorosa, a fine ciclo vegetativo, in filare;

2 = pianta poco vigorosa, a fine ciclo vegetativo o malformata, in gruppo o solitaria;

1 = pianta senza vigore, malata;

0,5 = pianta priva di valore.

d Indice secondo la localizzazione

10 = centro città (Circoscrizioni 1 - 8 piana; giardini e parchi posti sotto tutela ³⁶); parchi fluviali

paesistico ambientale, tutelati ai sensi del Decreto Legislativo n. 42 del 2004.

³⁶ Si individuano come parchi e giardini storici tutte le aree verdi (vedi articolo 15 del Regolamento):

- sulle quali è stato posto apposito vincolo legislativo in base alla Legge n. 1089 del 1 giugno 1939 "Tutela delle cose d'interesse artistico o storico", poi sostituita dal Decreto Legislativo del 29 ottobre 1999, n. 490

normati dal Piano d'Area del Parco Fluviale del Po Torinese; alberate tutelate dal DM del 22 febbraio 1964: "Dichiarazione di notevole interesse pubblico dei viali alberati del Comune di Torino";

8 = media periferia (Circoscrizioni 2 - 3 - 4 - 7 - 8 collina);

6 = periferia (Circoscrizioni 5 - 6 - 9 - 10);

4 = parchi periferici (Stupinigi, Carrara, Piemonte, Colonnetti, parchi fluviali del Sangone normati dal Piano d'Area del Parco Fluviale del Po Torinese, parco di Santena, ecc.);

2 = zone rurali - boschi.

e Indice secondo le dimensioni:

Tabella A: Prospetto sintetico per la determinazione dell'indice al variare delle dimensioni del tronco

Circonferenza (cm)	Indice	Circonferenza (cm)	Indice	Circonferenza (cm)	Indice
30	1	150	15	340	27
40	1,4	160	16	360	28
50	2	170	17	380	29
60	2,8	180	18	400	30
70	3,8	190	19	420	31
80	5	200	20	440	32
90	6,4	220	21	460	33
100	8	240	22	480	34
110	9,5	260	23	500	35
120	11	280	24	600	40
130	12,5	300	25	700	45
140	14	320	26	800	50

f Deprezzamento:

- piante con danni o ferite di modesta identità: 10%;
- piante mantenute a dimensioni ridotte per esigenze di stabilità (messa in sicurezza): 30%;
- piante con ferite e cavità di rilevanti dimensioni: 50%;
- piante con ferite e cavità e presenza di capitozzature: 70%.

g Valore ornamentale:

-
- "Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali" e in base al Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio";
- annesse agli edifici di proprietà di Enti Pubblici o Locali con più di 50 anni;
 - annesse a edifici di culto e/o di proprietà di Enti Religiosi con più di 50 anni;
 - annesse a edifici situati all'interno della zona urbana centrale storica (art. 10 N.U.E.A.³⁶) nonché delle zone urbane storico-ambientali (art. 11 N.U.E.A.) con età maggiore di 50 anni.
- Inoltre, si individuano come parchi e giardini storici:
- i parchi e i giardini annessi agli immobili soggetti a vincolo ai sensi della Legge n. 1089 del 1 giugno 1939 e della Legge n. 1497 del 20 giugno 1939 (sostituite dal Decreto Legislativo del 29 ottobre 1999, n. 490 ed inseguito dal Decreto Legislativo n. 42 del 2004) nonché i punti panoramici segnalati per particolare valore paesistico ambientale, tutelati ai sensi del Decreto Legislativo n. 42 del 2004.

$$\mathbf{V.o. = (b \times c \times d \times e) - f}$$

I = indennizzo (ornamentale) spettante alla Città

V.o. = valore ornamentale

S.a. = spese di abbattimento (se sostenute dalla Città)

V.1. = valore di mercato del legname da opera ritraibile (se incamerato dalla Città)

$$\mathbf{I = V.o. + S.a. - V.1.}$$

Tabella B: Esempio di applicazione della formula con valori concreti

N. pianta	Specie	Prezzo di vendita (Euro)	Indice	Indice estetico sanitario	Indice località	Indice dimensioni	Totale parziale	Deprezzamento		Valore ornamentale (Euro)
								%	(Euro)	
		a	b	c	d	e	f	g	h	i
Xxxxx	<i>Tilia hybrida</i>	30,00	3,00	10	10	1	300	10	30	270,00

B) INTERVENTI SULLA CHIOMA

Nel caso vengano realizzati interventi non autorizzati a danno delle chiome di soggetti arborei (potature, sbrancature, taglio rami, ecc) sia nel corso dei lavori, sia nel caso di normali manutenzioni (concessioni ed affitti che prevedano l'onere della manutenzione di un'area verde) oppure nel caso che a causa di lavori svolti in prossimità o in danno di soggetti arborei sia necessario procedere con interventi di potatura e messa in sicurezza, la Città si riserva il diritto di chiedere un indennizzo pari alla riduzione del valore ornamentale del patrimonio arboreo coinvolto.

Il procedimento comporta il confronto fra la stima del valore ornamentale che gli esemplari avevano prima dell'intervento (stima analitica o per comparazione con soggetti analoghi e quello che risulta immediatamente dopo l'intervento).

L'indennizzo quindi sarà determinato dalla seguente formula:

$$\mathbf{I = V.o.p. - V.o.s.}$$

dove:

I = Indennizzo spettante alla Città

V.o.p. = Valore ornamentale precedente l'intervento

V.o.s. = Valore ornamentale successivo all'intervento

Metodologia per la stima del danno biologico all'apparato radicale

Si procederà alla determinazione del danno biologico nei casi in cui, ad insindacabile giudizio dei tecnici del Settore Gestione Verde (o S.S.D.) a seguito di lavori vengano danneggiati gli apparati radicali delle piante.

Le aree di rispetto sono trattate all'Articolo 32 del Regolamento, per comodità si riportano di seguito i punti salienti; la distanza minima dalla luce netta di qualsiasi scavo al filo del tronco non può essere inferiore:

- a) a 5 m per gli esemplari monumentali o di pregio con diametro maggiore di 80 cm e per i soggetti di Platanus con diametro maggiore di 40 cm;
- b) a 3 m per le piante di prima e seconda grandezza non incluse nel punto precedente;

c) a 1,5 m per gli alberi di terza grandezza e per gli arbusti.

L'indennizzo si basa sulla considerazione che il danneggiamento dell'apparato radicale è causa diretta della riduzione del valore ornamentale del soggetto in quanto ne provoca un deperimento generale. Tale indennità è funzione della superficie del settore circolare interessato dai lavori ed il suo importo è determinato dalla seguente formula:

$$\mathbf{D.B. = V.o. \times H}$$

dove D.B. = Danno Biologico
 V.o. = Valore ornamentale
 H = Incidenza percentuale delle radici asportate

Una volta calcolato il valore ornamentale con la procedura descritta in precedenza, la metodologia per ottenere il valore del coefficiente H, ovvero la misura di quale sia, rispetto all'angolo giro, il settore di apparato radicale interessato dal danneggiamento, si ricorre ad una formula basata sul *Teorema di Carnot*.

I parametri interessati dalla formula sono:

s e *t* = distanze scavo dal colletto della pianta.

Queste lunghezze sono parte dei cateti del triangolo che si viene a creare tra la pianta e lo scavo, di cui un vertice è localizzato al centro del tronco della pianta. Per questo motivo occorre anche considerare il raggio del fusto al colletto, che sommato dà i cateti per intero. Si rammenta che *s* e *t* non devono essere maggiori dei valori espressi ai precedenti punti a), b) e c); intendendo questa la zona di rispetto dell'apparato radicale, oltre alla quale non è di norma previsto indennizzo.

m = diametro del fusto al colletto della pianta, in metri.

n = ampiezza fronte scavo.

Questa lunghezza è l'estensione in metri del fronte dello scavo rispetto alla direzione della pianta.

u = settore angolare danneggiato (coseno).

Considerato che l'area di rispetto si estende attorno alla pianta per un raggio costante di 3 metri più il raggio del fusto, si viene a formare un cerchio sul quale fattori esterni agendo ne danneggiano uno spicchio, il settore circolare interessato.

Applicando il *Teorema di Carnot* sul triangolo venutosi a formare, si trova il coseno dell'angolo opposto allo scavo come illustrato qui sotto:

$$\cos \beta = \frac{-b^2 + c^2 + a^2}{2ac} \quad \text{(Teorema di Carnot)}$$

$$\cos \beta = \frac{(s + m/2)^2 + (t + m/2)^2 - n^2}{2(s + m)(t + m)}$$

p = settore angolare danneggiato (gradi)

Tabella C: Esempio di applicazione della formula con valori concreti

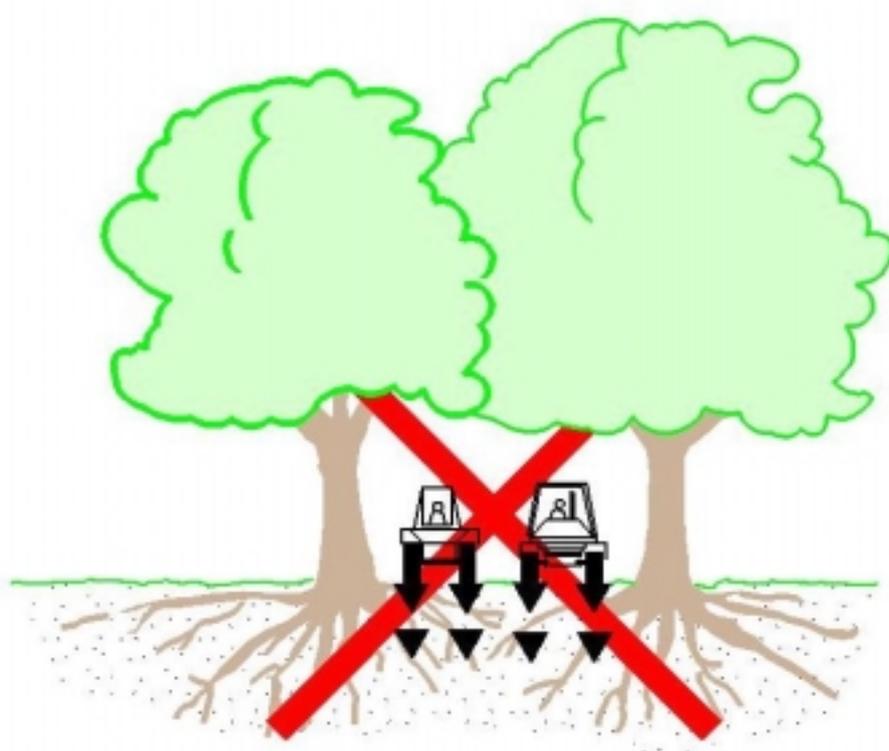
N. pianta	Specie	Valore ornamentale (Euro)	Distanza scavo da colletto (m)	Distanza scavo da colletto (m)	Diam. fusto al colletto (m)	Ampiezza fronte scavo (m)	Settore angolare		Incidenza su radici (%)	Danno biologico (Euro)
							cos β	(Gradi)		
		I	s	t	m	n	u	p	H	r
Xxxx	<i>Tilia hybrida</i>	270,00	2,00	2,00	0,50	3,50	-0,20988	102.	28,3333	76,00

Articolo 19 - Altri danni ai soggetti arborei

1. Qualora si riscontrassero danni non ascrivibili all'articolo 18 (scortecciamenti, rotture, ferite traumatiche, ecc.) al tronco e ai rami delle piante, dove per il loro ripristino è necessario l'intervento di un operatore specializzato per procedere a disinfezioni, ancoraggi, riduzioni di rami, ecc., l'indennizzo richiesto all'autore della manomissione sarà pari alla spesa sostenuta dalla Città per l'intervento effettuato sulla pianta danneggiata applicando i prezzi e le modalità di pagamento come indicato all'articolo 13, oltre che ad una penale del 20% sull'importo dei lavori per spese indirette sostenute dalla Città.

ALLEGATO N. 9 (CAP III): SCHEMI PER LA TUTELA DEGLI ALBERI NELLE AREE DI CANTIERE

1 costipamento del terreno I



il costipamento del terreno è la morte dell'albero.

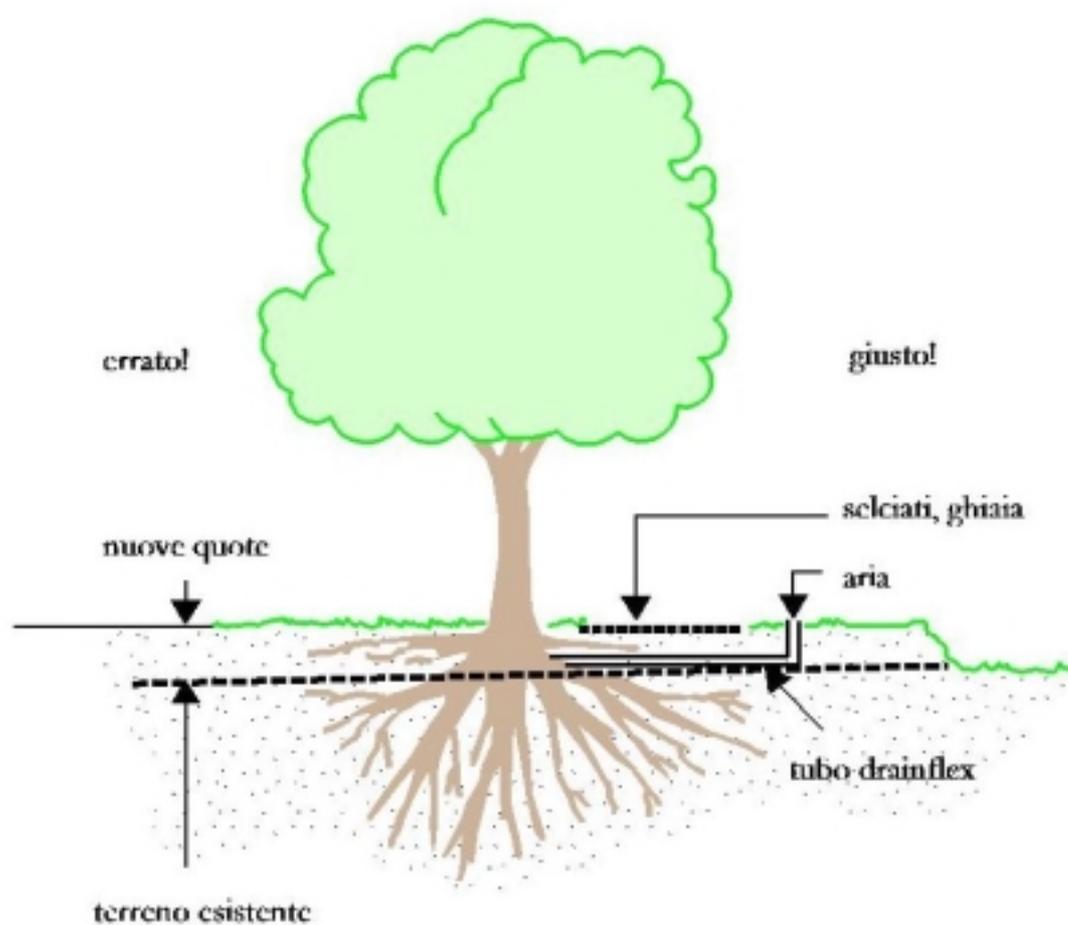
2 costipamento del terreno II



nella zona delle radici evitare l'uso di macchine per
costipare il terreno
solo lavoro a mano!

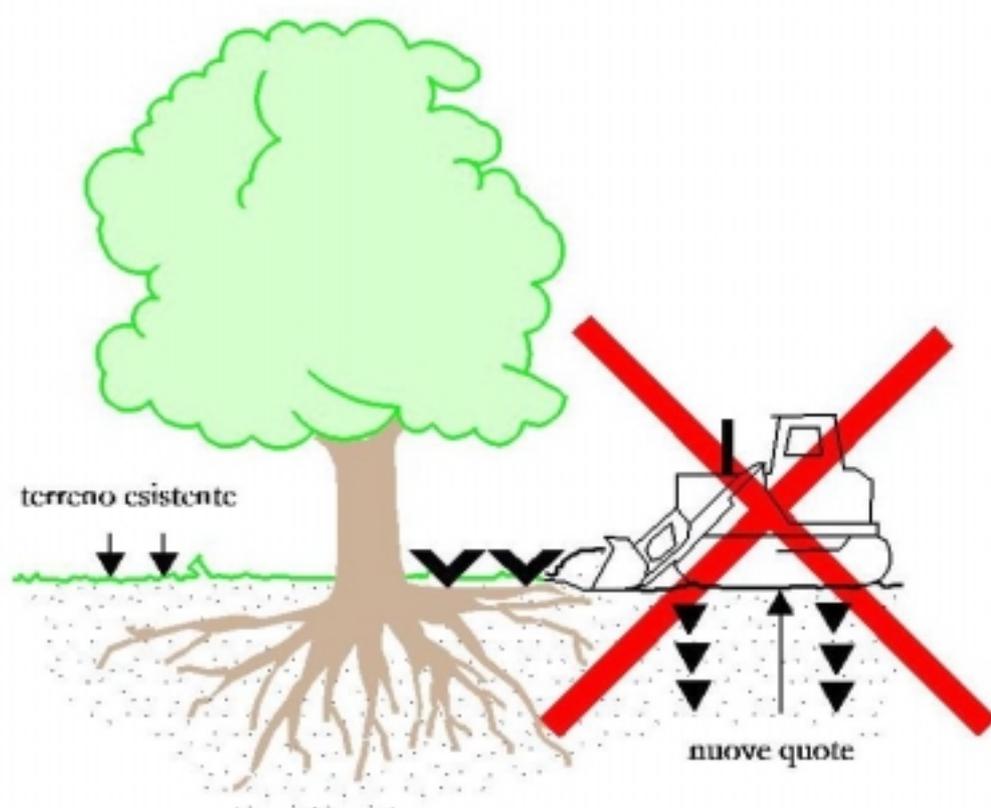
3 ricarica del terreno

... possibilmente da evitare



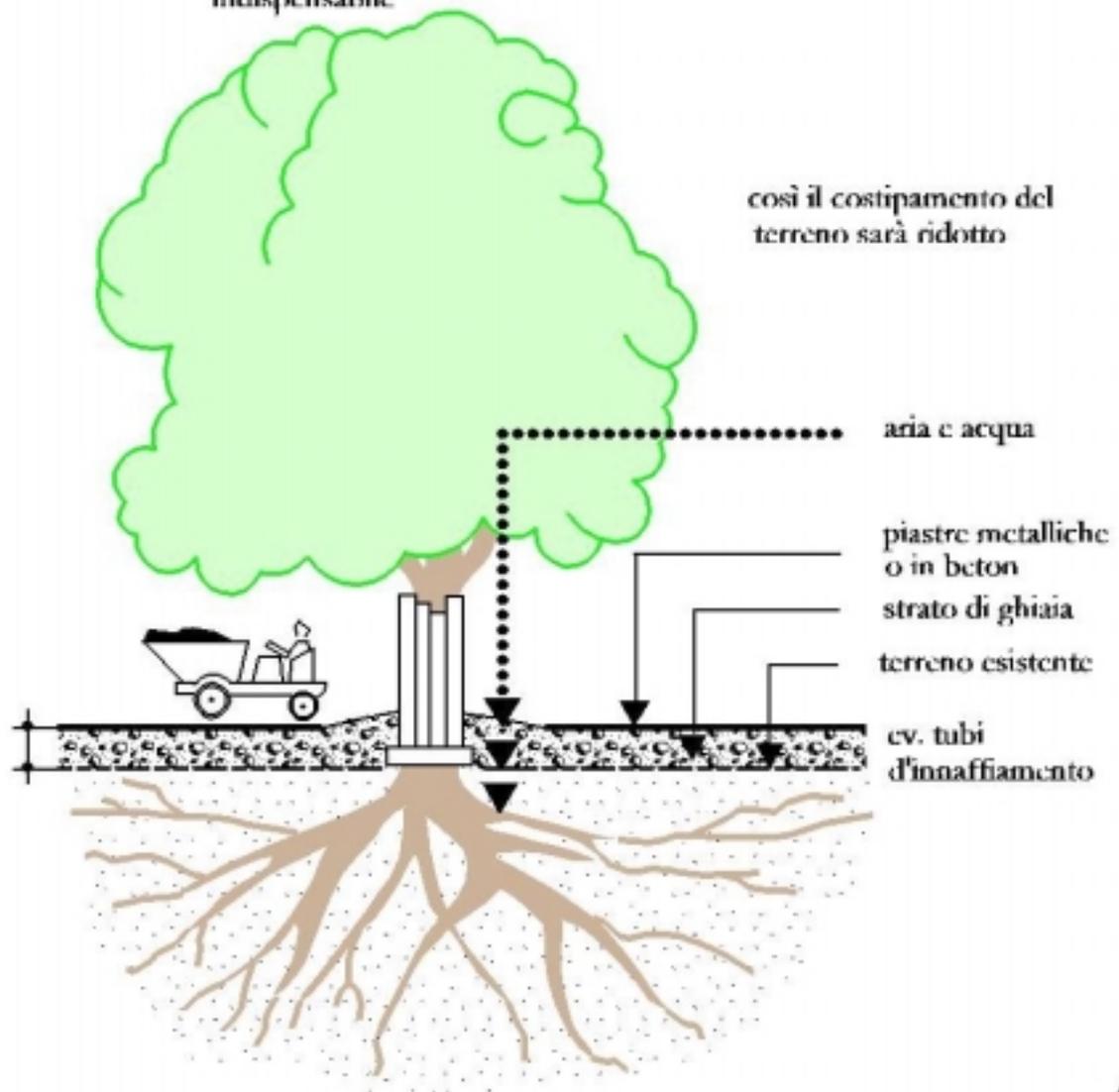
4 abbassamento del terreno

... astenersi nella zona delle radici e della chioma.



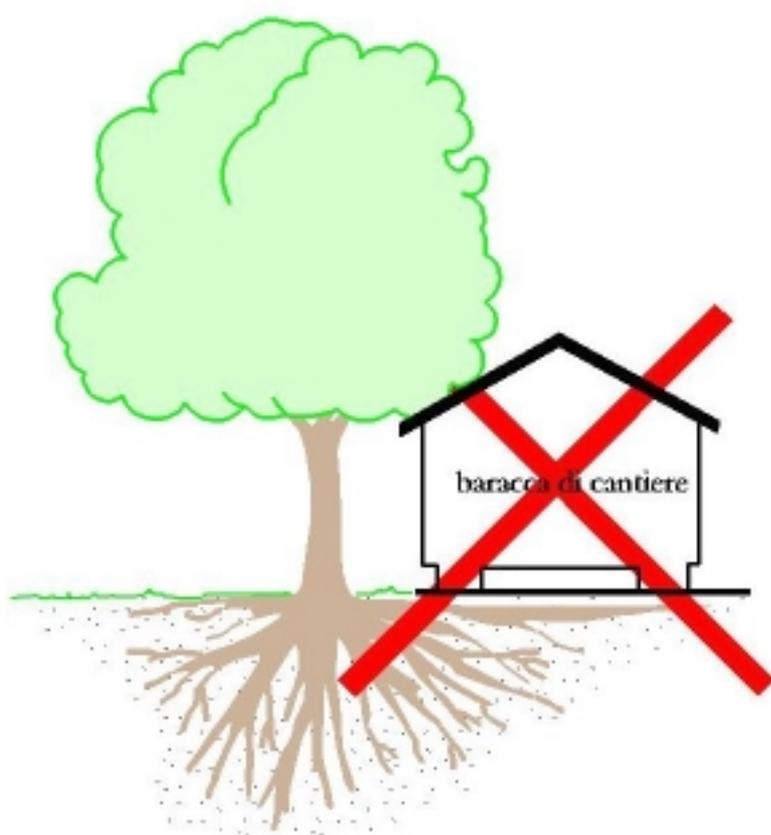
5 accessi di cantiere

... nelle vicinanze di alberi il transito veicolare deve essere minimo e di breve durata, ... una precauzione indispensabile



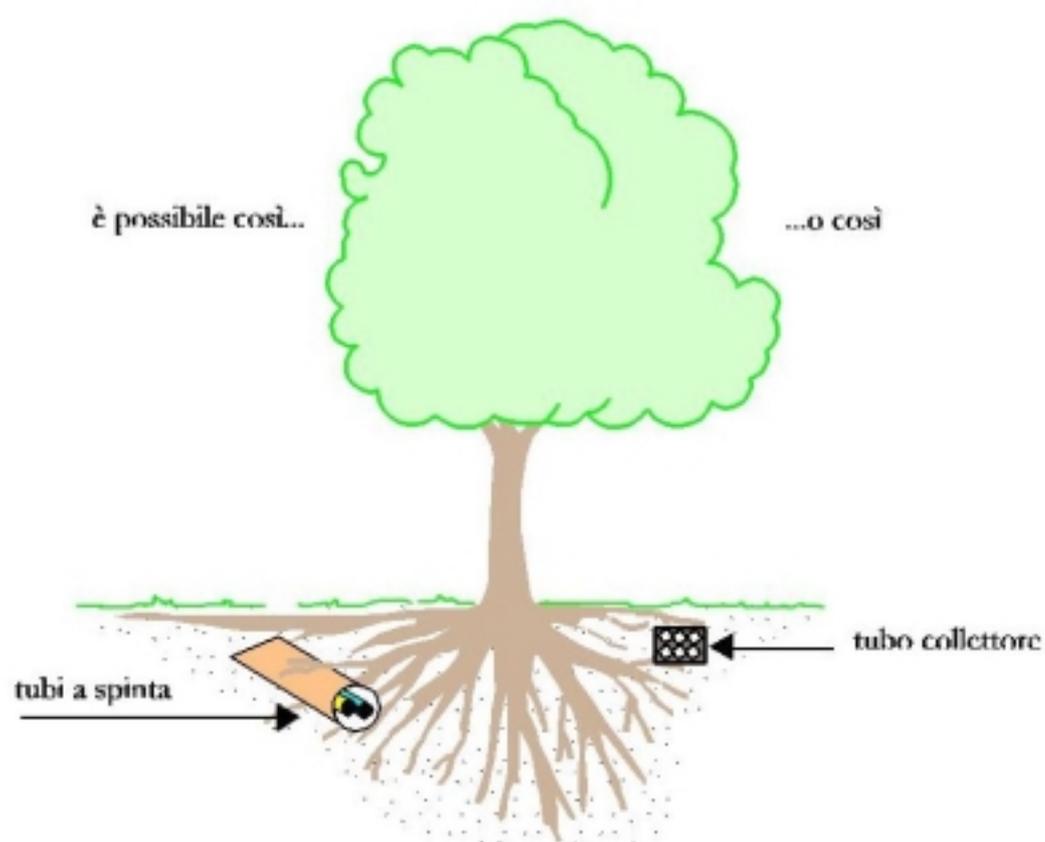
6 occupazione del terreno

... evitare di porre nella zona delle radici e della chioma.



7 lavori di scavo

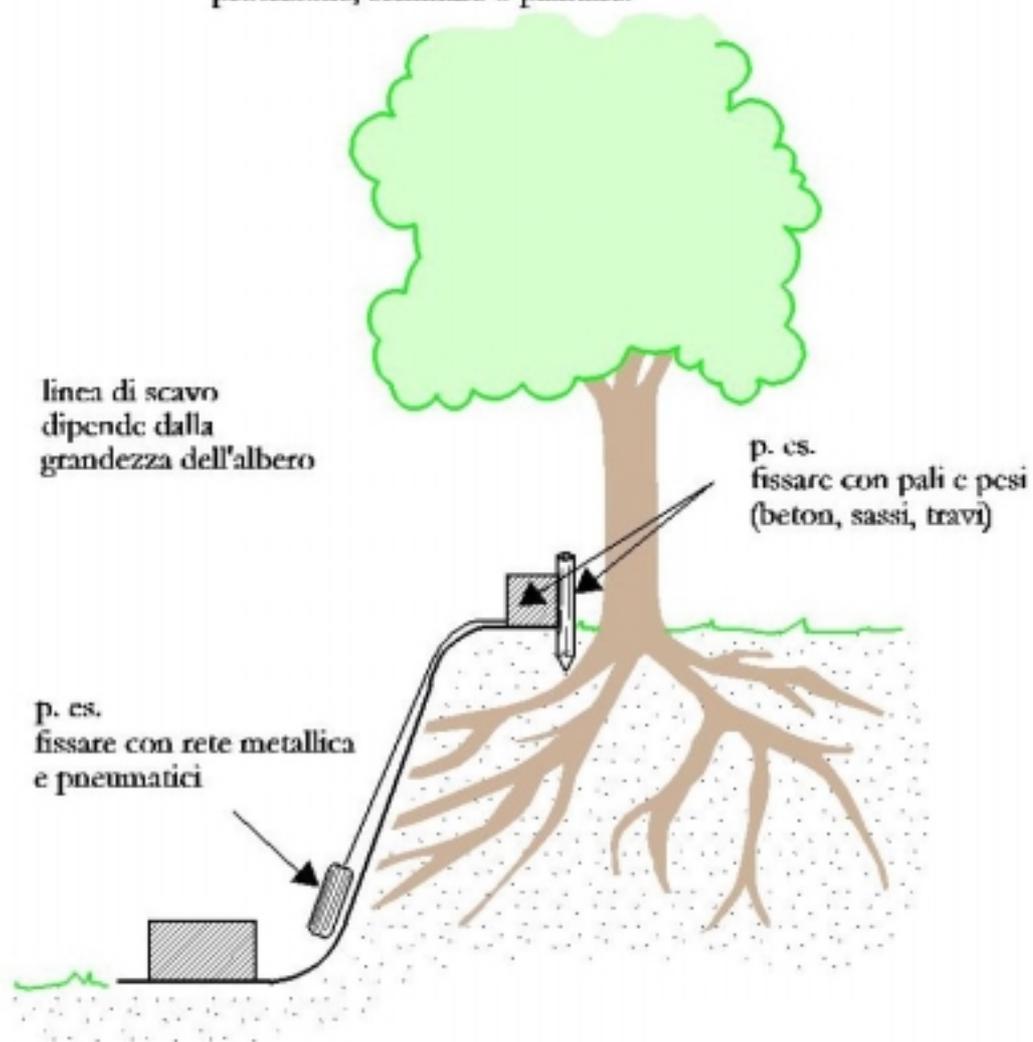
... da evitare nella zona delle radici.



8 scavi

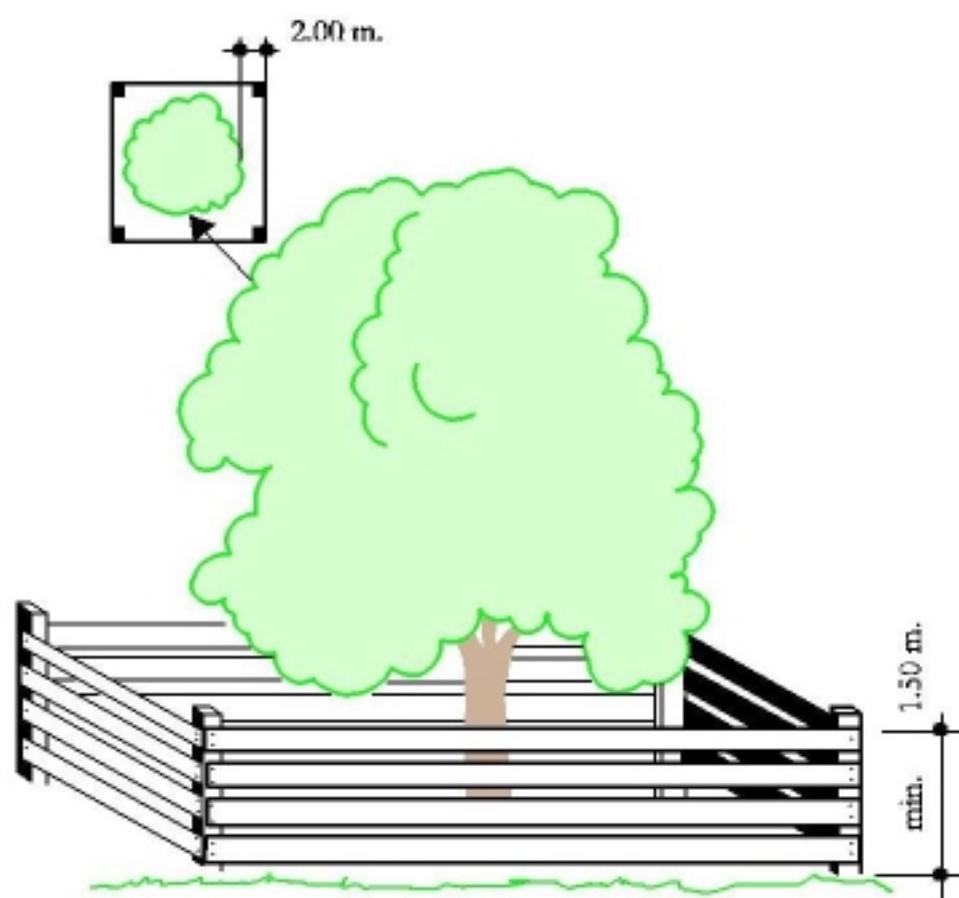
Attenzione all'abbassamento della falda freatica: pericolo d'essiccazione, è indispensabile innaffiare!

Coprire immediatamente la scarpata con una stuoia di protezione, seminare o piantare.



9 palizzata I

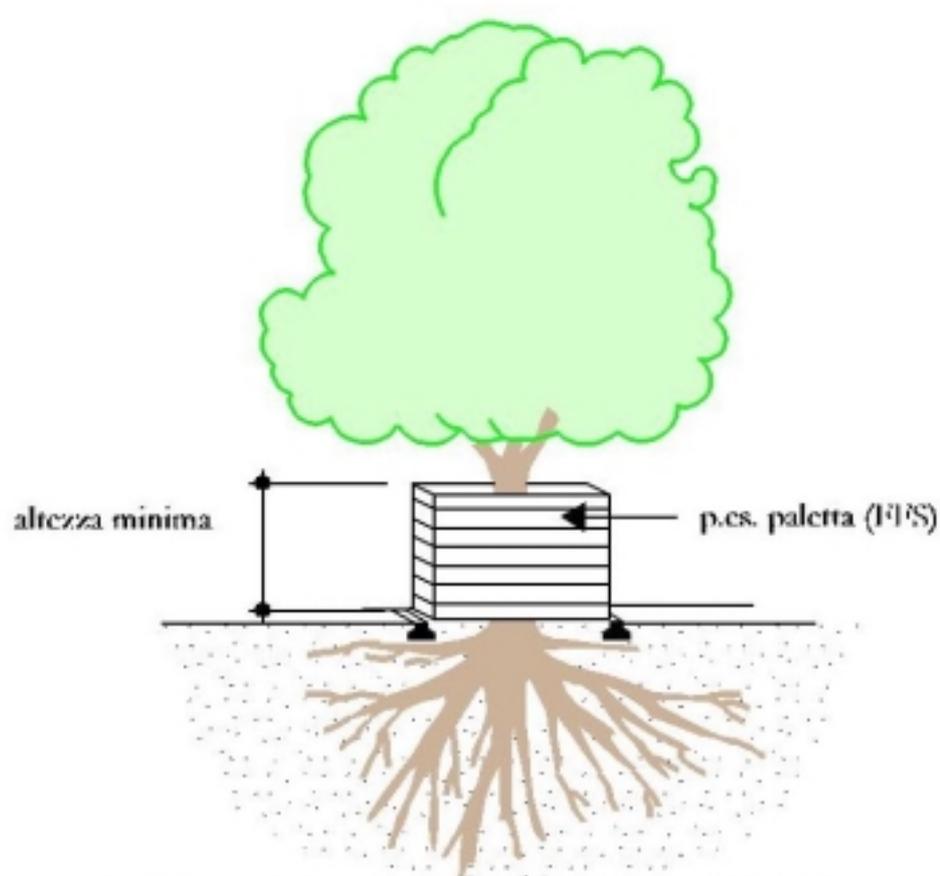
Sfruttare al massimo lo spazio a disposizione per la protezione dell'albero!



10

palizzata II

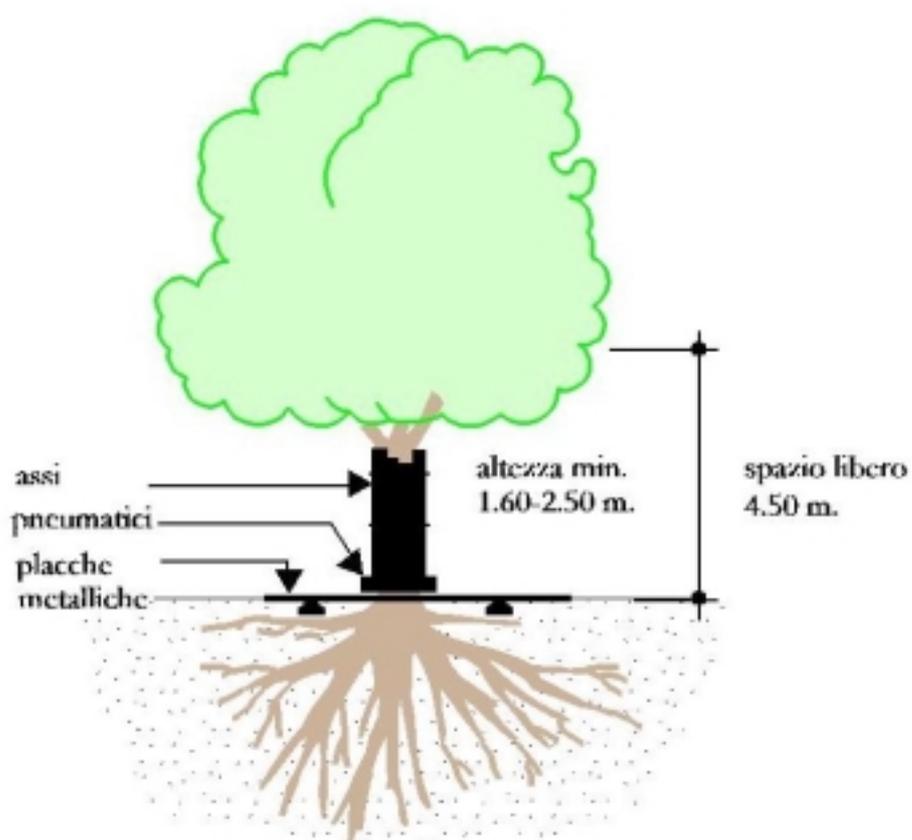
Area di marciapiede con spazio sufficiente
Protezione secondo spazio esistente.



La distanza dalla strada deve essere conforme alle leggi
sulla circolazione

11 palizzata III

Area di marciapiede con spazio sufficiente
Protezione secondo spazio esistente.



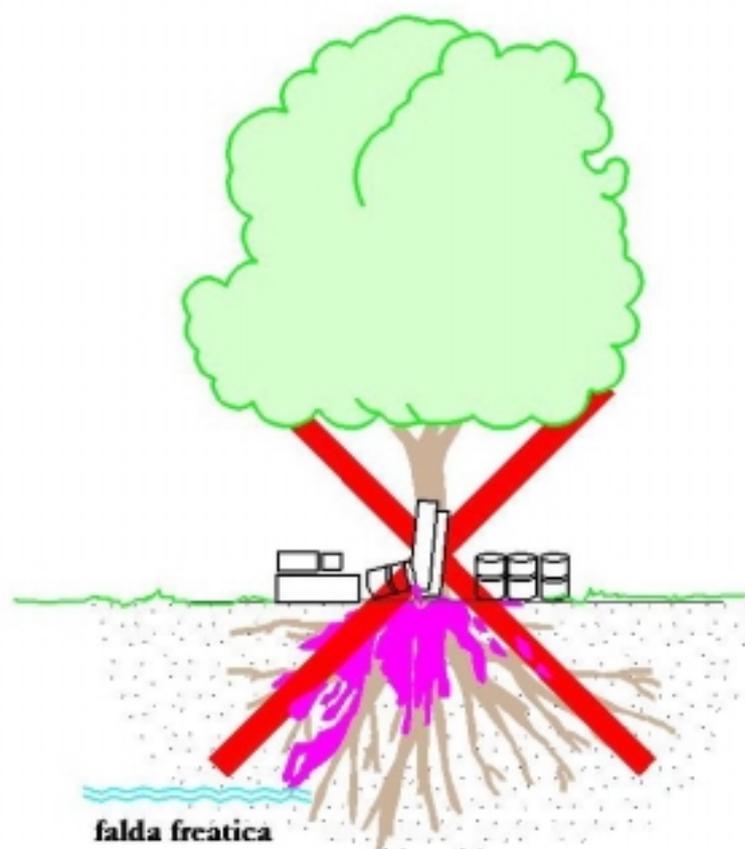
La distanza dalla strada deve essere conforme alle leggi
sulla circolazione

12 depositi

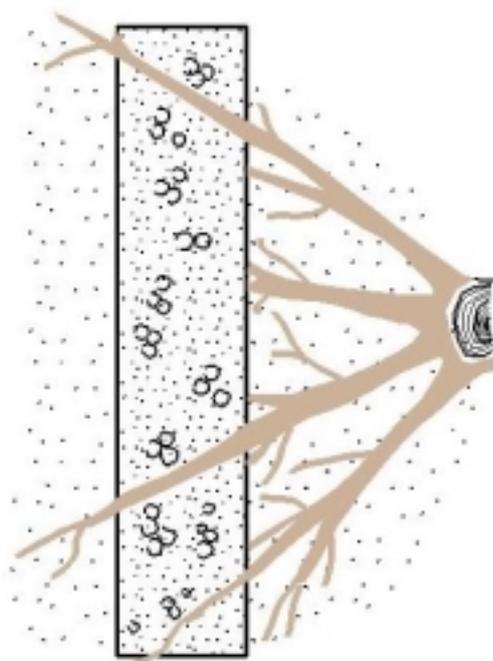
... evitare !!!

F. formalmente vietato depositare olio, prodotti chimici,
veleni.

Inquinamento della falda freatica !

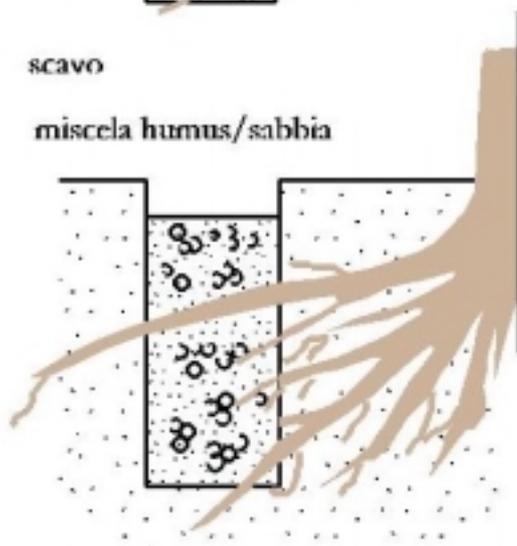


13 taglio di radici



scavo

miscele humus/sabbia

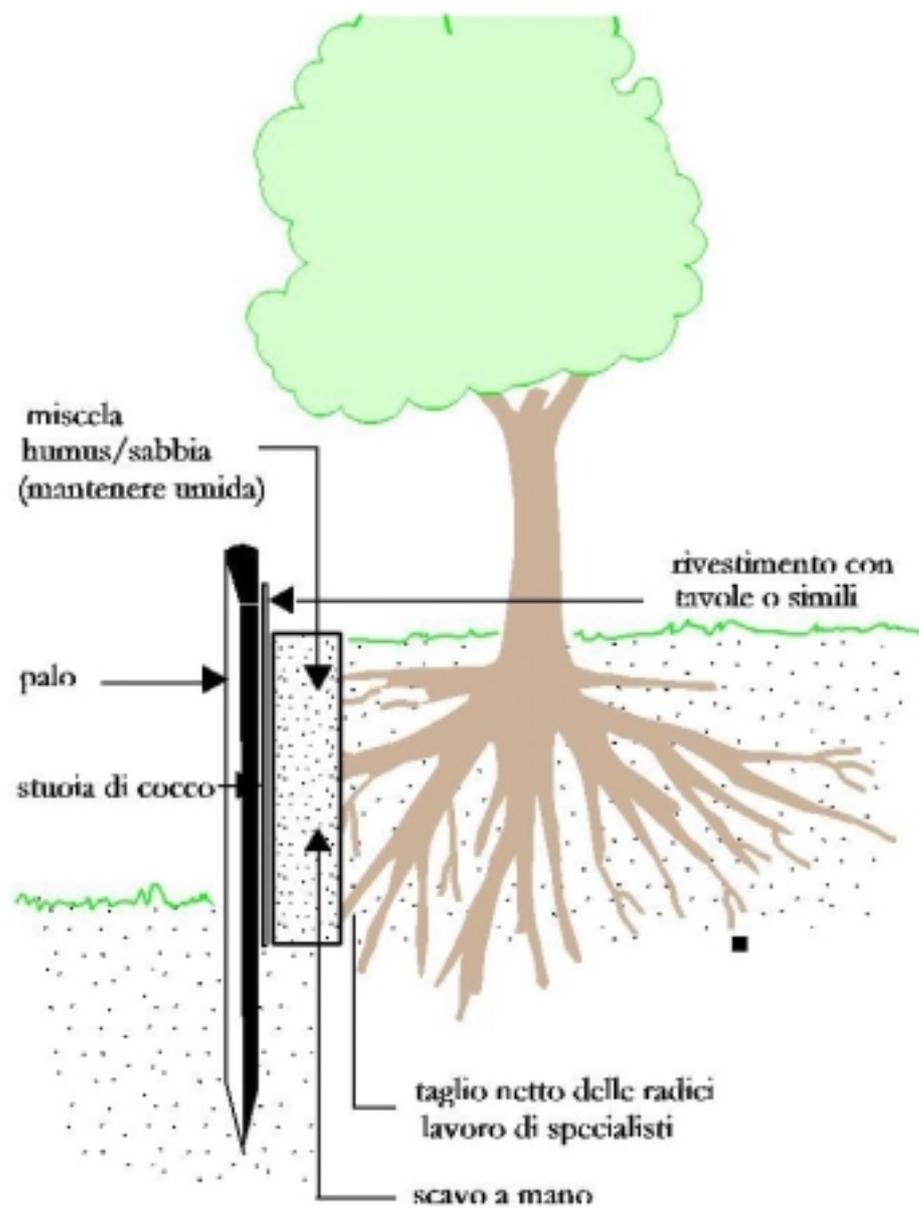


- . il taglio di radici è un compito da specialisti
- . tagli netti per le radici danneggiate
- . riempire gli scavi con una miscela humus/sabbia 2:1
- . riutilizzare il materiale disponibile
- . innaffiate subito

14

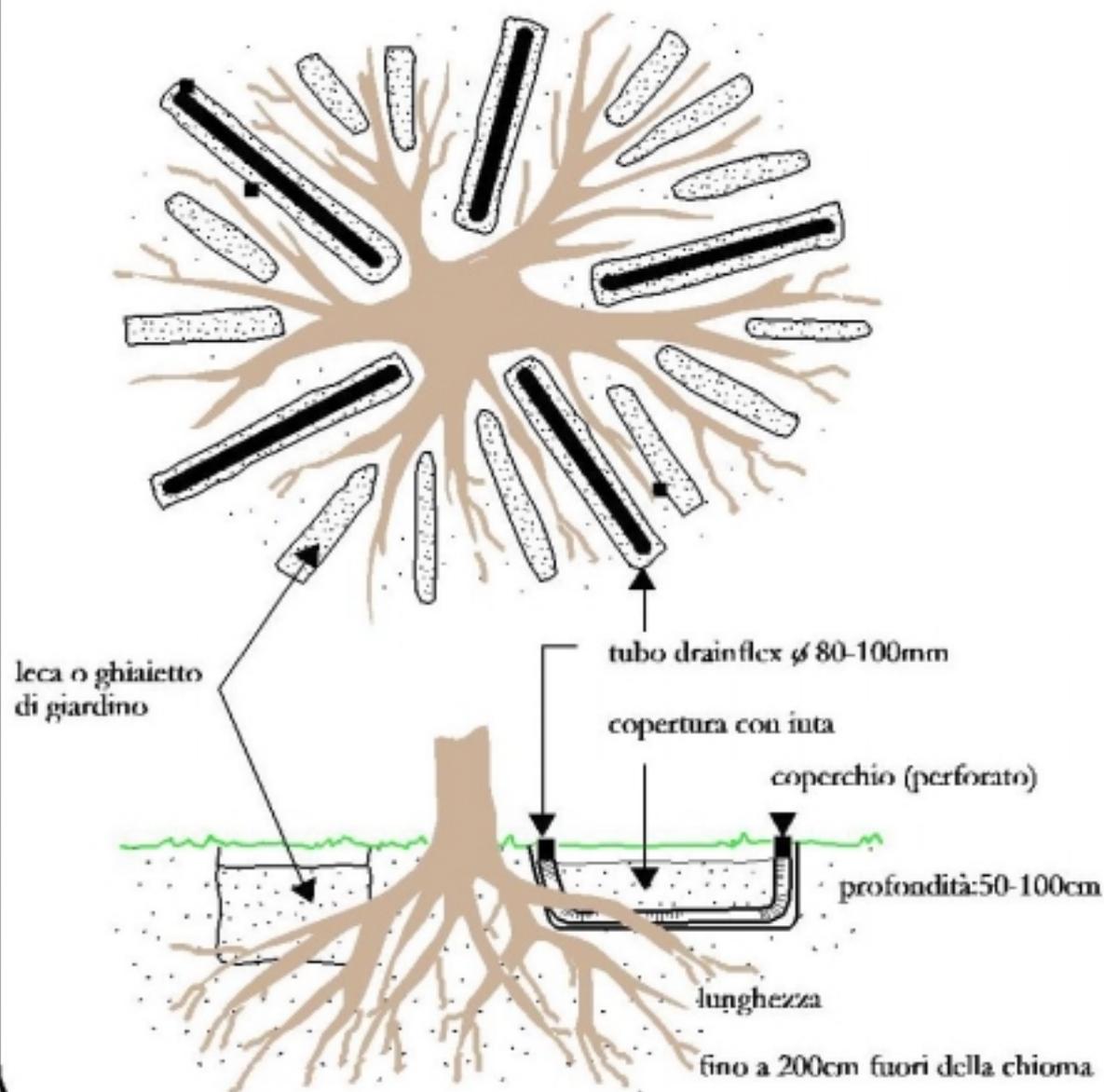
rigenerazione delle radici

Durante gli scavi... nella zona delle radici
usare una miscela humus/sabbia. Innaffiare subito!

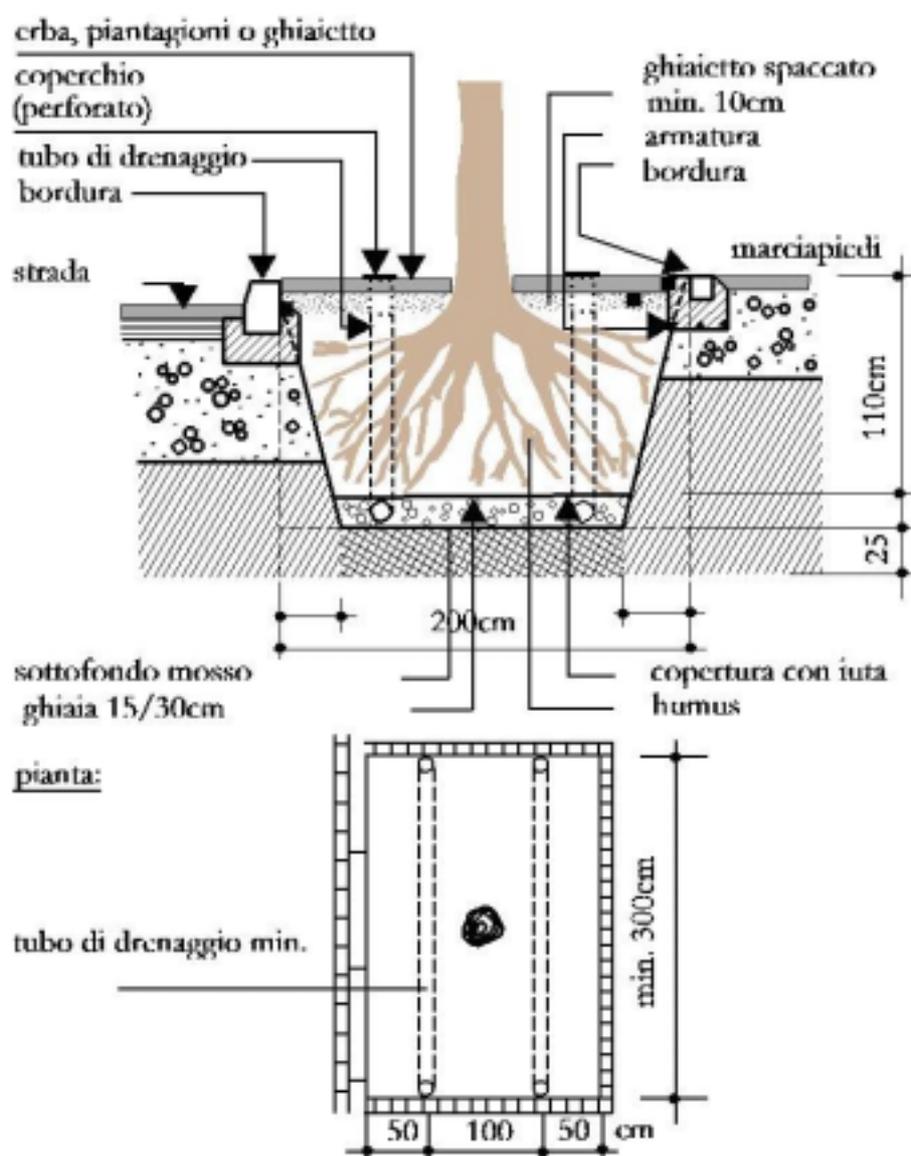


15 aerazione delle radici

... nei terreni costipati e pavimentati



16 disposizioni per la piantagione



ALLEGATO N. 10 (CAP IV)	
CITTÀ DI TORINO	
ITER AUTORIZZATIVO NUOVE OPERE A VERDE PUBBLICO	
Richiedente	Verde Pubblico
1. Nomina agronomo di fiducia <u>interno all'Amministrazione</u> = in caso di progetti redatti da LL.PP./Città. <u>libero professionista</u> = in caso di progetti redatti da privati, ATC, partecipate,	
2. Lettura e presa visione del Regolamento del Verde.	
3. Richiesta incontro preliminare al funzionario/tecnico o competente per territorio del Settore Gestione Verde (o S.S.D.).	4. Compilazione della scheda di accompagnamento progettuale (vedi allegato 11).
5. Presentazione del Progetto alla Commissione Aree Verdi.	6. Verifica del progetto da parte della Commissione Aree Verdi.
	7. Trasmissione del Progetto agli Enti preposti e ai Settori competenti per la raccolta dei pareri di competenza: <u>progetti "semplici"</u> = raccolta singoli pareri <u>progetti "complessi"</u> = indizione apposita Conferenza dei Servizi (sospensione decorrenza termini).
	8. <u>Carenze progettuali</u> = <i>integrazione/modifica prog. definitivo e sospensione decorrenza termini. <u>Nessuna carenza progettuale</u> = Rilascio parere competenza/autorizzazione.</i>
	9. Approvazione del progetto: rilascio parere tecnico vincolante (entro 30 giorni dalla presentazione - vedi punto 5) mediante rilascio di un verbale da parte della Commissione con recapito tramite raccomandata R/R.
10. Comunicazione di inizio lavori al Settore Gestione Verde (o S.S.D.).	
11. Deposito presso il Settore Gestione Verde (o S.S.D.) di "Polizza fidejussoria per la regola d'arte e l'attecchimento del materiale vivaistico".	
12. Lavori in variante: vedi articolo 55 punto 1.	
13. Comunicazione di fine lavori al Settore Gestione Verde (o S.S.D.) tramite raccomandata R/R.	
	14. Accertamento congiunto della rispondenza dell'eseguito al Progetto tramite sopralluogo congiunto.
	15. Collaudo da parte di una figura professionale competente nominata dal Richiedente.
	16. Atto di presa in carico dell'opera realizzata e contestuale svincolo della Polizza fidejussoria.

ALLEGATO N. 11 (CAP IV)	
CITTÀ DI TORINO	
FAC SIMILE DI SCHEDA DI ACCOMPAGNAMENTO PROGETTUALE	
ESTREMI del RICHIEDENTE	
Progetto	proprietà
Indirizzo referente agronomico	progettista
REFERENTE per il SETTORE GESTIONE VERDE (o S.S.D.)	
funzionario/tecnico competente per territorio tel	
NORMATIVA di RIFERIMENTO	
Nazionale:	PRGC: Altro:
Regionale:	Piano d'area: Altro:
Comunale:	Lotta obbligatoria: Altro:
INTERAZIONE con SETTORI - ENTI - AZIENDE	
Settore/Ente/Azienda data incontro funzionario di riferimento tel prescrizioni si/no	timbro
Settore/Ente/Azienda data incontro funzionario di riferimento tel prescrizioni si/no	timbro
Settore/Ente/Azienda data incontro funzionario di riferimento tel prescrizioni si/no	timbro
INTERAZIONI con il VERDE ESISTENTE	
Circoscrizione resp. di zona v. orizz. data incontro resp. di zona v. vert. data incontro	tel prescrizioni si/no tel prescrizioni si/no
	timbro
	timbro
AUTORIZZAZIONE	
Approvata con	in data
PRESA VISIONE del REGOLAMENTO	
Il presente progetto s'intende conforme in ogni sua parte a quanto disposto dal Regolamento (approvato con Deliberazione del C.C. il)	
data di presentazione	firma
	timbro
FIDEJUSSIONE	
Compagnia importo	scadenza
ATTI CONCLUSIVI	
data di ultimazione dei lavori	
data di presa in carico e restituzione polizza fidejussoria	
Firma del Richiedente	Firma del funzionario

ALLEGATO N. 12 (CAP. IV): DESCRIZIONE DELLE PRINCIPALI MISURE DI LOTTA OBBLIGATORIA PER LE PIANTE ORNAMENTALI E NORMATIVA NAZIONALE ATTUALMENTE ESISTENTE

Con riferimento agli articoli 72, 73, 74 del Regolamento sono di seguito descritte le seguenti misure di lotta obbligatoria:

Lotta obbligatoria contro il cancro colorato del platano (rif. art. 72)

1. La lotta obbligatoria al cancro colorato del platano, considerato che al momento risulta la malattia più grave presente sul territorio cittadino, viene realizzata in applicazione di quanto previsto dal Decreto Ministeriale del 17 aprile 1998: "Disposizioni sulla lotta obbligatoria contro il cancro colorato del platano" e s.m.i., dalla relativa circolare applicativa³⁷ nonché dalle norme tecniche emanate dal Settore Fitosanitario Regionale.
2. Non esistono metodi di cura ed è quindi fatto obbligo, secondo il suddetto decreto, ai proprietari e gestori di fondi su cui insistono dei platani, di eliminare le piante infette, secondo le modalità specificate nella legislazione vigente.
3. Inoltre qualsiasi intervento (potature, scavi, abbattimenti, trapianti, spollonature, ecc.) coinvolga specie del genere *Platanus*, anche in aree indenni, deve essere eseguito solo in casi di effettiva necessità, previa richiesta di autorizzazione al Settore Fitosanitario Regionale.
4. L'infezione si trasmette attraverso ferite, su vari organi della pianta, che mettano a nudo il legno e tramite contatti radicali tra piante malate e piante sane. La malattia si manifesta all'inizio con disseccamenti di tutte o parte delle foglie, chioma rada, foglie piccole e stentata ripresa vegetativa a primavera. Il fungo parassita invade con il proprio apparato ifale i vasi legnosi e porta a morte la pianta nel giro di tre o quattro anni. Un sintomo evidente della presenza del fungo é, talvolta, ma non sempre, la tendenza del platano a emanare dalla base e dal tronco vigorosi ricacci. Sul fusto possono comparire delle anomale colorazione rosso-bruno-violacee che percorrono il tronco, simili a fiammate.
5. Vengono qui di seguito riportate le modalità previste per l'abbattimento e la rimozione delle piante infette:
 - gli abbattimenti devono iniziare dalle piante di rispetto e procedere verso le piante sicuramente malate e morte;
 - gli interventi devono essere eseguiti nei periodi in cui è minore l'attività del patogeno, cioè i periodi più asciutti dell'anno che nella nostra regione coincidono con i mesi più freddi (dicembre, gennaio, febbraio) o più caldi (luglio);
 - considerata l'alta capacità di trasmissione della malattia da parte della segatura al fine di ridurre la dispersione nell'ambiente, si deve operare in giornate non ventose e limitare allo stretto necessario il numero di tagli, in modo particolare nelle parti infette delle piante. È consigliabile utilizzare attrezzi da taglio che non producano segatura oppure che siano dotati di idonei dispositivi per ridurre la dispersione;
 - prima di iniziare l'abbattimento, allo scopo di raccogliere la segatura ed i frammenti di legno infetti, il terreno circostante (per un'estensione sufficiente a contenere la ricaduta della segatura) deve essere ricoperto con un robusto telo di plastica del diametro di alcuni metri, immediatamente

- irrorato con un prodotto a base di Tiophanate di metile (150 g/hl di prodotto commerciale al 70% di principio attivo). Nel corso delle operazioni di abbattimento deve essere reiterata l'applicazione della soluzione disinfettante sul telo di plastica, sul terreno circostante e sul materiale accumulato in attesa del trasporto. Analogamente si dovrà procedere disinfettando la superficie del suolo su cui era collocato il telo di plastica dopo il suo allontanamento;
- le ceppaie dovranno essere estirpate tramite cavaceppi o ruspe. Nel caso in cui l'estirpazione avvenisse successivamente al periodo di apertura del cantiere (possibilmente non oltre i 60 giorni dalla chiusura dello stesso), sarà necessario irrorarle al termine degli abbattimenti di un prodotto a base di Tiophanate metile (alle dosi sopracitate) e ricoprirle con mastice o colle vinaviliche in attesa delle loro rimozione. Se, invece, l'estirpazione non fosse assolutamente possibile sarà opportuno procedere alla devitalizzazione, tagliando il ceppo a raso suolo ed applicando una miscela costituita da un prodotto a base di Glifosate ed un prodotto a base di Tiophanate metile alle dosi sopracitate. Le ceppaie dovranno essere poi ricoperte con colle vinaviliche o mastici;
 - dopo l'estrazione delle ceppaie, deve essere allontanato quanto più possibile il materiale vegetale infetto misto a terra all'interno e sull'orlo della buca, dopodiché la stessa ed il terreno circostante dovranno essere disinfettati con prodotto a base di Tiophanate di metile alle dosi sopracitate;
 - prima del trasporto il materiale, già caricato sull'autocarro dovrà essere irrorato, unitamente alla segatura di risulta, con fungicida a base di Tiofanate metile ed il carico dovrà essere coperto con teli. Il trasporto dovrà avvenire nel più breve tempo possibile dal taglio delle piante;
 - il materiale di risulta degli abbattimenti (tronchi, ramaglie, segatura, ceppaie) dovrà essere eliminato secondo le modalità previste dal D.M. 17 aprile 1998, previa autorizzazione del Responsabile tecnico.
6. I proprietari (pubblici o privati) di fondi su cui insistono dei platani sono tenuti a comunicare tempestivamente l'eventuale presenza di sintomi sospetti al Settore Fitosanitario Regionale.

Lotta obbligatoria contro il colpo di fuoco batterico (rif. art. 73)

1. La lotta obbligatoria contro il colpo di fuoco batterico, viene realizzata in applicazione di quanto previsto dal Decreto Ministeriale del 10 settembre 1999, n. 356 "Regolamento recante misure per la lotta obbligatoria contro il colpo di fuoco batterico (*Erwinia amylovora*), nel territorio della Repubblica" e s.m.i..
2. L'insorgenza della malattia denominata "Colpo di fuoco batterico", causato da *Erwinia amylovora*, per la sua estrema pericolosità e per consentire il rapido avvio di un'azione di prevenzione, deve essere immediatamente segnalata al Settore Fitosanitario Regionale.
3. La malattia, che colpisce alcune rosacee, si manifesta con un disseccamento improvviso delle foglie su rami interi delle piante; le foglie seccate rimangono pendule e tenacemente attaccate al ramo, in quanto non hanno avuto il tempo di differenziare il tessuto di abscissione come si verifica normalmente nella stagione autunnale quando le latifoglie perdono le foglie.
4. Al fine di contenere il diffondersi della malattia devono essere adottate le seguenti misure:
 - a) controllare periodicamente le piante ed allertare gli Enti competenti ad ogni minimo sospetto di insorgenza dei sintomi;
 - b) in caso di nuovi impianti, privilegiare le piante provenienti da vivai qualificati, cercando di limitare il più possibile l'impianto di specie sensibili di rosacee;

³⁷ Circolare applicativa del D.M. 17 aprile 1998 concernente le note tecniche per la salvaguardia del platano dal cancro colorato (*Ceratocystis fimbriata*).

- c) in caso di potatura di specie sensibili, è obbligatorio sterilizzare gli strumenti di lavoro, all'inizio ed al termine dell'esecuzione dell'intervento e per ogni singola pianta, con una soluzione di acqua e varechina (soluzione 1%) o sali quaternari d'ammonio, al fine di evitare di trasmettere il patogeno a piante ancora sane; il periodo migliore per eseguire tali interventi è quello autunno-invernale e comunque prima della ripresa vegetativa.

Lotta obbligatoria contro la processionaria del pino (rif art. 74)

1. La lotta obbligatoria contro la processionaria del pino, deve essere effettuata in applicazione di quanto previsto dal Decreto Ministeriale del 17 aprile 1998, n. 356 "Disposizioni sulla lotta obbligatoria contro la processionaria del pino *Traumatocampa pityocampa*".
2. Tale lotta è obbligatoria "nelle aree in cui la presenza dell'insetto minacci seriamente la produzione o la sopravvivenza del popolamento arboreo e possa costituire un rischio per la salute delle persone o degli animali".
3. In collaborazione con il Corpo Forestale dello Stato, il Settore Fitosanitario Regionale ha proceduto all'individuazione di tali aree nel territorio regionale, adottando come soglia di rischio la presenza anche di un solo nido nei parchi o nei popolamenti arborei con frequentazione umana, o di animali domestici, di 2 nidi ogni 10 piante nelle pinete adulte e di 1 nido ogni 10 piante nei giovani rimboschimenti.
4. Nelle aree in cui tale soglia è stata superata verranno imposti gli interventi opportuni.
5. I rilievi vanno effettuati a partire da agosto, principalmente su pino nero, pino silvestre e pino marittimo. Ulteriori controlli devono essere effettuati nei mesi invernali alla ricerca dei caratteristici nidi entro i quali svernano le larve.
6. Per prevenire le infestazioni è bene evitare la messa a dimora di conifere del genere *Pinus* (in particolare di *Pinus nigra*) ad un'altitudine inferiore ai 500 metri s.l.m. e, in ogni caso, nelle zone particolarmente colpite dal parassita.
7. Per la lotta alla processionaria occorre intervenire in diversi momenti dell'anno.
8. In inverno (indicativamente tra dicembre e l'inizio di febbraio): è il periodo in cui ci si accorge della presenza dell'insetto, quando sono ben visibili sulla chioma, soprattutto nelle porzioni esterne, i nidi formati dalle larve. Altrettanto ben visibili sono le "processioni" che si osservano sui tronchi, sull'erba, sul selciato nel periodo primaverile che precede il loro interrimento nel suolo.
9. La massima pericolosità dell'insetto coincide con il periodo immediatamente precedente all'apertura del nido. In questa fase occorre accuratamente evitare ogni contatto con le larve, altamente urticanti; pertanto, se da un lato è di fondamentale importanza, ove tecnicamente possibile, tagliare e bruciare i nidi larvali, dall'altro occorre operare con la massima cautela adottando adeguate misure protettive. Il taglio dei nidi riduce la pressione esercitata dall'insetto, ma non abbatte completamente l'infestazione.
10. A fine estate (indicativamente nella seconda metà di settembre): è il momento di effettuare 1 - 2 trattamenti alla chioma con preparati microbiologici a base di *Bacillus thuringiensis var. kurstaki*. Dosi di 100-150 grammi di prodotto diluiti in 100 litri di acqua forniscono ottimi risultati nei confronti delle larve di prima e seconda età. Dosi superiori (fino a 300-350 g/hl di acqua) sono indispensabili nel caso di trattamenti su larve di maggior età. Gli interventi vanno eseguiti nelle ore serali e in assenza di vento, avendo cura di bagnare la chioma in maniera uniforme. Trattandosi di un prodotto biologico, ha una limitata azione nel tempo ed è facilmente dilavabile; pertanto, in caso di forte infestazioni o di piogge successive al trattamento, è bene eseguirlo nuovamente dopo 4-5 giorni.

11. Si ricorda che il *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* è del tutto innocuo per l'uomo, i vertebrati e gli insetti utili in genere. Risulta quindi particolarmente interessante per l'impiego in ambiente urbano.

12. Gli interventi messi in atto contro la processionaria non possono tuttavia evitare il ripresentarsi in futuro di nuove infestazioni, pertanto non sono in grado di abbattere completamente la popolazione dell'insetto. Al contrario, devono perseguire l'obiettivo di contenerne per quanto possibile la diffusione e, di conseguenza, l'azione dannosa.

NORMATIVA NAZIONALE CONCERNENTE LE PRINCIPALI MISURE DI LOTTA OBBLIGATORIA

DECRETO 17 APRILE 1998 - DISPOSIZIONI SULLA LOTTA OBBLIGATORIA CONTRO IL CANCRO COLORATO DEL PLATANO "CERATOCYSTIS FIMBRIATA"

(omissis)

Articolo 1

La lotta contro il cancro colorato del platano provocato dal fungo patogeno "Ceratocystis fimbriata" Ell. et Halsted f.sp. platani Walter, è obbligatoria su tutto il territorio della Repubblica italiana.

Articolo 2

Accertamenti sistematici relativi alla presenza di "Ceratocystis fimbriata" sui platani esistenti sul territorio, ivi comprese le piante presenti in aree soggette a qualsivoglia vincolo, saranno annualmente disposti dalle regioni per il tramite dei Servizi Fitosanitari Regionali.

Articolo 3

La comparsa della malattia in aree ritenute indenni deve essere immediatamente segnalata, a cura delle regioni interessate, al Servizio Fitosanitario Centrale presso il Ministero per le Politiche Agricole.

Articolo 4

Le piante infette e quelle immediatamente adiacenti debbono essere rapidamente ed obbligatoriamente abbattute ed eliminate, compreso tutto il materiale di risulta, a spese dei proprietari, secondo le indicazioni impartite dal Servizio Fitosanitario Regionale che applica le specifiche norme tecniche riguardanti i tempi e le modalità di abbattimento, di trasporto e di eliminazione delle piante e del materiale di risulta, nonché le modalità di disinfezione degli attrezzi. Gli interessati sono tenuti a comunicare per tempo al Servizio Fitosanitario Regionale la data di inizio degli abbattimenti.

I platani colpiti dal cancro colorato ed i loro contermini devono comunque essere abbattuti, anche se tutelati da altre norme legislative, dandone comunicazione a tutti gli uffici interessati.

Articolo 5

Al fine di limitare il diffondersi della malattia, gli interventi di potatura o di abbattimento, anche dei platani presenti in aree indenni, devono essere eseguiti soltanto in casi di effettiva necessità.

I proprietari dei platani, qualora intendessero eseguire interventi di qualunque tipo, compresi i lavori che coinvolgono l'apparato radicale, devono chiedere, mediante comunicazione scritta, la preventiva

autorizzazione al Servizio Fitosanitario Regionale, il quale detta le modalità da seguire nell'operazione. In caso di mancata risposta da parte del Servizio Fitosanitario Regionale competente per territorio entro trenta giorni, si applica la norma del silenzio assenso.

Articolo 6

La sorveglianza sull'applicazione del presente decreto è affidata ai Servizi Fitosanitari Regionali competenti per territorio.

Il Servizio Fitosanitario Centrale del Ministero per le Politiche Agricole, dopo la pubblicazione del presente decreto nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana, provvederà ad emanare la circolare tecnica relativa all'applicazione dei precedenti articoli 4 e 5.

Articolo 7

In caso di mancata applicazione delle disposizioni di cui al presente decreto, gli inadempienti sono denunciati all'autorità giudiziaria a norma dell'art. 500 del codice penale.

È facoltà delle regioni stabilire sanzioni amministrative per gli inadempienti di cui ai precedenti articoli 4 e 5.

Articolo 8

Il decreto ministeriale 3 settembre 1987, n. 412, citato nelle premesse, è abrogato.

Articolo 9

Il presente decreto, dopo la registrazione alla Corte dei conti, sarà pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana ed entrerà in vigore il giorno successivo alla sua pubblicazione.

CIRCOLARE APPLICATIVA DEL D.M. 17 APRILE 1998 CONCERNENTE LE NOTE TECNICHE PER LA SALVAGUARDIA DEL PLATANO DAL CANCRO COLORATO - "CERATOCYSTIS FIMBRIATA"

Ai sensi degli articoli 4, 5 e 6 del Decreto Ministeriale 17 aprile 1998 che istituisce la lotta obbligatoria al "Cancro colorato" causato da *Ceratocystis fimbriata*, vengono redatte le seguenti note tecniche volte alla tutela dei platani in Italia.

ABBATTIMENTO PLATANI INFETTI

L'abbattimento dei platani infetti da *Ceratocystis fimbriata* e dei loro contermini deve avvenire secondo modalità atte a ridurre i rischi di contagio agli altri platani presenti.

In particolare si devono rispettare le seguenti norme:

- effettuare gli abbattimenti nei periodi asciutti dell'anno, così come definiti dai locali Servizi Fitosanitari al fine di impedire la diffusione del patogeno;
- riservare alle operazioni di abbattimento tutta la superficie atta a contenere la ricaduta della segatura;
- gli abbattimenti vanno eseguiti a partire dalle piante di rispetto e procedendo verso le piante sicuramente malate o morte;
- ricoprire il terreno circostante le piante da abbattere con robusti teli di plastica, allo scopo di

- raccogliere la segatura ed il materiale di risulta; è consentito, in sostituzione, l'utilizzo di un aspiratore in caso di superfici asfaltate o cementate. Inoltre, sempre al fine di ridurre al massimo il rischio di dispersione della segatura, è opportuno che la stessa venga bagnata, con idonea soluzione disinfettante secondo le indicazioni fornite dal Servizio Fitosanitario Regionale;
- evitare comunque la dispersione di segatura, effettuando il minor numero possibile di tagli, in particolar modo nelle parti infette delle piante; ove possibile, utilizzare motoseghe attrezzate per il recupero della segatura;
 - dopo il taglio dei soggetti infetti e dei contermini procedere preferibilmente all'estirpazione delle ceppaie tramite cavaceppi o ruspe e successivamente disinfettare le buche con idonei prodotti indicati dal Servizio Fitosanitario Regionale. Qualora tale operazione fosse impossibile, tagliare il ceppo e le radici affioranti, ad almeno 20 cm. sotto il livello del suolo, procedendo poi alla disinfezione delle buche con i prodotti indicati dal Servizio Fitosanitario Regionale. Nel caso in cui le operazioni sopra descritte non potessero trovare pratica applicazione tagliare le ceppaie e le radici affioranti al livello del suolo devitalizzando la parte residua tramite idonei diserbanti ed anticrittogamici addizionati a mastici o colle viniliche, secondo le indicazioni fornite dal Servizio Fitosanitario Regionale;
 - al termine delle operazioni, tutta la zona interessata dagli abbattimenti deve essere disinfettata con i prodotti indicati dal Servizio Fitosanitario Regionale; analogamente devono essere disinfettati tutti gli attrezzi usati per l'esecuzione dei tagli;
 - i Servizi Fitosanitari competenti possono concedere deroghe relativamente all'abbattimento dei contermini monumentali.

TRASPORTO DEL LEGNAME INFETTO

Qualora i residui degli abbattimenti non vengano distrutti sul posto, il trasporto del legname e degli altri residui dovrà avvenire nel più breve tempo possibile dal taglio delle piante, adottando le seguenti precauzioni volte ad evitare la disseminazione del patogeno:

- trattamento di tutto il materiale con idonei prodotti, secondo le indicazioni del Servizio Fitosanitario Regionale;
- copertura del carico con teloni o utilizzazione di un camion telonato.

I mezzi che effettuano lo spostamento del legname dovranno essere muniti di apposita "autorizzazione allo spostamento locale" rilasciata dal competente Servizio Fitosanitario Regionale, secondo quanto previsto all'art. 15 del D.M. 31 gennaio 1996.

SMALTIMENTO DEL LEGNAME INFETTO

I proprietari delle piante devono comunicare al Servizio Fitosanitario la modalità di smaltimento del legname, che deve essere scelta fra le seguenti:

- distruzione tramite il fuoco sul luogo dell'abbattimento od in area appositamente individuata nei pressi ma adeguatamente lontana da altri platani;
- incenerimento mediante combustione in impianti quali inceneritori dei rifiuti o centrali termiche (copia della bolla di conferimento andrà consegnata al Servizio Fitosanitario Regionale);
- conferimento ad una industria per la trasformazione in carta-cartone, pannelli truciolari trinciati o sfogliati dopo trattamento termico (copia della bolla di conferimento andrà consegnata al Servizio Fitosanitario Regionale);

- smaltimento in discarica assicurandone l'immediata copertura (copia della bolla di conferimento in discarica andrà consegnata al Servizio Fitosanitario Regionale);
- conferimento all'industria per il trattamento Kiln Dried (KD): essiccazione a caldo, in forno, fino a raggiungere un'umidità inferiore al 20%, secondo un programma tempo/temperatura ufficialmente approvato dal Servizio Fitosanitario Regionale, con marchio KD apposto sul legname trattato (copia della bolla di conferimento andrà consegnata al Servizio Fitosanitario Regionale).

In casi particolari, previa autorizzazione del Servizio Fitosanitario, il legname in attesa dello smaltimento può essere accumulato in cataste ubicate lontano da piante di platano, trattate periodicamente con idonei formulati e sottoposte a frequenti controlli.

POTATURE DEI PLATANI

1 - Aree già infette da cancro colorato

In aree (strade o porzioni di esse, parchi, ecc.) ove sono presenti focolai di cancro colorato è vietata la potatura dei platani fino alla completa eliminazione dei focolai dell'infezione. Tale pratica è consentita solo ed esclusivamente nei casi in cui le piante risultino pericolose per la pubblica incolumità e sarà effettuata disinfettando le superfici con diametro pari o superiore a 10 cm. con fungicidi indicati dal Servizio Fitosanitario e ricoprendole con mastici o colle viniliche, disinfettando, inoltre, nel passaggio da una pianta all'altra gli attrezzi di taglio con sali quaternari di ammonio all'1% o con ipoclorito di sodio al 2% o con alcool etilico al 60%.

2 - Aree esenti da cancro colorato

In dette aree tutte le operazioni di potatura devono essere limitate ai casi di effettiva necessità ed eseguite in un periodo asciutto durante il riposo vegetativo delle piante.

Le superfici di taglio devono essere disinfettate con fungicidi efficaci e, nel caso di tagli superiori ai 10 cm. di diametro, a questi dovranno essere applicati fungicidi addizionati a mastici o colle viniliche secondo le indicazioni del Servizio Fitosanitario.

Nel passaggio da una pianta all'altra, gli attrezzi utilizzati per la potatura devono essere sempre disinfettati con sali quaternari di ammonio all'1% o con ipoclorito di sodio al 2% o con alcool etilico al 60%.

REIMPIANTI

Sono sconsigliati i reimpianti di platano nei siti ove sono stati effettuati abbattimenti di piante affette da *Ceratocystis fimbriata*.

Nel caso di nuovi impianti di platano, onde ridurre la necessità di procedere a successivi interventi di contenimento della chioma e garantire uno sviluppo equilibrato della pianta, è consigliabile attenersi alle seguenti indicazioni:

- distanza tra le piante di almeno 12 metri;
- distanza di almeno 6 metri dal fronte dei fabbricati;
- adottare le più corrette tecniche agronomiche al fine di consentire le migliori condizioni di vita per le piante (aerazione del suolo, concimazioni, irrigazioni etc.).

ULTERIORI NORME COMPORTAMENTALI PER LA SALVAGUARDIA DELLE ALBERATURE DI PLATANO

- Devono essere limitate al massimo le operazioni di scavo in prossimità dei platani e soprattutto devono essere osservate tutte le cautele al fine di evitare ferite alle radici principali al colletto ed

- al tronco delle piante;
- in caso di ferite e di recisioni delle radici principali, queste devono essere rifilate e trattate con fungicidi idonei;
 - nei nuovi impianti, onde evitare possibili lesioni alla parte basale del tronco ed alle radici, si devono predisporre, attorno alla circonferenza basale delle piante, cordoli o altri manufatti di protezione, che consentano comunque lo sviluppo diametrico del tronco;
 - evitare l'apposizione di oggetti nei tronchi e nelle branche, così da non provocare ferite alle piante.

Eliminare inoltre i manufatti (es. fili di ferro, pali segnaletici, cartelli pubblicitari, ecc.) che, per la loro posizione immediatamente a contatto con il tronco possano con il tempo causare danni ai tronchi stessi a seguito della crescita delle piante

DISPOSIZIONI FINALI

I Servizi Fitosanitari Regionali potranno dettagliare ulteriormente le norme previste nella circolare al fine di adattare alle situazioni specifiche del proprio territorio e di fornire validi suggerimenti per gli operatori.

In particolare i Servizi Fitosanitari potranno individuare i fitofarmaci più idonei per la disinfezione delle attrezzature, delle ferite di potatura o delle aree interessate dalle operazioni di abbattimento; inoltre potranno stabilire precisi tempi e modalità, nonché individuare altri Enti e/o Amministrazioni locali con i quali collaborare per svolgere i controlli sulle operazioni di abbattimento e potatura o per svolgere il monitoraggio del territorio.

Le Regioni sono tenute a dare la massima divulgazione dei sintomi della malattia e della pericolosità del patogeno mediante ogni mezzo di informazione.

DECRETO 10 SETTEMBRE 1999, N. 356: REGOLAMENTO RECANTE MISURE PER LA LOTTA OBBLIGATORIA CONTRO IL COLPO DI FUOCO BATTERICO (ERWINIA AMYLOVORA), NEL TERRITORIO DELLA REPUBBLICA

(omissis)

Articolo 1 - Scopo generale

1. La lotta contro il batterio *Erwinia amylovora*, agente del colpo di fuoco delle pomacee, è obbligatoria nel territorio della Repubblica italiana al fine di prevenirne la introduzione e la diffusione. Avvertenza: il testo delle note qui pubblicato è stato redatto dall'amministrazione competente per materia, ai sensi dell'art. 10, comma 3, del testo unico delle disposizioni sulla promulgazione delle leggi, sull'emanazione dei decreti del Presidente della Repubblica e sulle pubblicazioni ufficiali della Repubblica italiana, approvato con D.P.R. 28 dicembre 1985, n. 1092, al solo fine di facilitare la lettura delle disposizioni di legge alle quali è operato il rinvio. Restano invariati il valore e l'efficacia degli atti legislativi qui trascritti. Per le direttive e le decisioni comunitarie vengono forniti gli estremi di pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale delle Comunità europee (G.U.C.E.).

2. Note alle premesse:

- La Legge 18 giugno 1931, n. 987 - pubblicata nella Gazzetta Ufficiale del 24 agosto 1931, n. 194 - reca disposizioni per la difesa delle piante coltivate e dei prodotti agrari dalle cause nemiche e

- sui relativi servizi;
- Il R.D. 12 ottobre 1933, n. 1700 - pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 22 dicembre 1933, n. 295 - concerne l'approvazione del regolamento per l'applicazione della legge 18 giugno 1931, n. 987, recante disposizioni per la difesa delle piante coltivate e dei prodotti agrari dalle cause nemiche e sui relativi servizi e successive modificazioni.
 - Il R.D. 2 dicembre 1937, n. 2504 - pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 18 novembre 1938, n. 40 - reca modificazioni al regolamento approvato con regio decreto 12 ottobre 1933, n. 1700, per l'esecuzione della legge 18 giugno 1931, n. 987, contenente disposizioni per la difesa delle piante coltivate e dei prodotti agrari dalle cause nemiche e sui relativi servizi.
 - La direttiva 77/93/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1976 è pubblicata nella G.U.C.E. serie L n. 26 del 31 gennaio 1977.
 - Il D.Lgs. 4 giugno 1997, n. 143 - pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana n. 129 del 5 giugno 1997 - reca: "Conferimento alle regioni delle funzioni amministrative in materia di agricoltura e pesca e riorganizzazione dell'amministrazione centrale". - Il D.Lgs. 30 dicembre 1992, n. 536 - pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana n. 7 dell'11 gennaio 1993 - reca attuazione della direttiva 91/683/CEE concernente le misure di protezione contro l'introduzione negli Stati membri di organismi nocivi ai vegetali e ai prodotti vegetali.
 - Il D.M. 31 gennaio 1996 - pubblicato nel supplemento ordinario n. 33 alla Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana n. 41 del 19 febbraio 1996 - riguarda le misure di protezione contro l'introduzione negli Stati membri di organismi nocivi ai vegetali ed ai prodotti vegetali.
 - Il D.M. 27 marzo 1996 recante: "Lotta obbligatoria contro il colpo di fuoco batterico (*Erwinia amylovora*) nel territorio della Repubblica" è pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana - serie generale - n. 81 del 5 aprile 1996.
 - Il testo dei commi 3 e 4 dell'art. 17 della legge n. 400/1988 (Disciplina dell'attività di Governo e ordinamento della Presidenza del Consiglio dei Ministri), è il seguente:
3. Con decreto ministeriale possono essere adottati regolamenti nelle materie di competenza del Ministro o di autorità sottordinate al Ministro, quando la legge espressamente conferisca tale potere. Tali regolamenti, per materie di competenza di più Ministri, possono essere adottati con decreti interministeriali, ferma restando la necessità di apposita autorizzazione da parte della legge. I regolamenti ministeriali ed interministeriali non possono dettare norme contrarie a quelle dei regolamenti emanati dal Governo. Essi debbono essere comunicati al Presidente del Consiglio dei Ministri prima della loro emanazione.
 4. I regolamenti di cui al comma 1 ed i regolamenti ministeriali ed interministeriali, che devono recare la denominazione di "regolamento", sono adottati previo parere del Consiglio di Stato, sottoposti al visto ed alla registrazione della Corte dei conti e pubblicati nella "Gazzetta Ufficiale".

Articolo 2 - Ispezioni sistematiche

1. I Servizi Fitosanitari Regionali devono effettuare ogni anno indagini sistematiche mirate ad accertare la presenza del batterio sulle specie di rosacee ospiti, coltivate e spontanee dei generi *Amelanchier*, *Chaenomeles*, *Crataegus*, *Cotoneaster*, *Cydonia*, *Eriobotrya*, *Malus*, *Mespilus*, *Pyracantha*, *Pyrus*, *Sorbus* e *Stranvaesia*, con particolare attenzione ai vivai.
2. Le indagini devono consistere in ispezioni visive delle piante ospiti, per accertare la presenza dei sintomi di colpo di fuoco, e, se del caso, in appropriate analisi batteriologiche conformi ai metodi specificati nell'allegato I.

3. Le ispezioni ufficiali devono essere effettuate, oltre che nei punti della rete di monitoraggio descritta nell'allegato II, nei vivai, nei frutteti, nei giardini, nei parchi pubblici e privati e tra la flora spontanea.
4. I risultati di dette indagini devono essere comunicati al Servizio Fitosanitario Centrale entro il 30 dicembre di ogni anno.
5. Gli allegati I e II di cui ai precedenti commi 2 e 3, potranno essere modificati ed integrati dal Ministero per le politiche agricole con apposito provvedimento.

Articolo 3 - Denuncia dei casi sospetti

1. È fatto obbligo a chiunque denunciare ogni caso sospetto di colpo di fuoco al Servizio fitosanitario regionale che provvederà ad effettuare ispezioni visive ed eventuali analisi batteriologiche ufficiali.
2. Le Regioni devono dare massima divulgazione alla conoscenza dei sintomi e della pericolosità del colpo di fuoco sulle pomacee.
3. In attesa di conferma o smentita di ogni caso sospetto il Servizio Fitosanitario Regionale al fine di scongiurare la disseminazione di *Erwinia amylovora* può attuare interventi cautelativi, commisurati al rischio stimato, incluso il divieto di trasportare in altro luogo materiali vegetali, contenitori, utensili e macchine dalla azienda, dal vivaio o dall'area in cui si è avuta la manifestazione sospetta. La pianta o le piante sospette devono essere contrassegnate, con divieto di contatto e rimozione.

Articolo 4 - Accertamento ufficiale di un caso

1. Qualora le analisi batteriologiche ufficiali confermino la presenza di *Erwinia amylovora* in un campione di materiale vegetale, il Servizio Fitosanitario Regionale deve dichiarare contaminata l'area od il campo da cui è stato raccolto il campione e provvedere a far estirpare e distruggere immediatamente ogni pianta visibilmente infetta. In caso di infezioni o focolai primari in zona precedentemente indenne i servizi fitosanitari devono far estirpare e distruggere, in considerazione del rischio fitosanitario, anche le piante ospiti asintomatiche attorno alle piante visibilmente infette fino ad un raggio di 10 metri.
2. In caso di vivai, il Servizio Fitosanitario Regionale può disporre l'estirpazione e la distruzione delle piante ospiti asintomatiche per un raggio superiore a 10 metri.
3. Il Servizio Fitosanitario Regionale deve altresì istituire una zona di sicurezza, effettuare una indagine tecnico-amministrativa per conoscere l'origine delle piante infette e denunciare immediatamente ogni caso accertato di colpo di fuoco al Servizio Fitosanitario Centrale.

Articolo 5 - Zona di sicurezza

1. La zona di sicurezza, comprendente un'area di almeno 3,5 km² (raggio di almeno 1 km) attorno al punto del focolaio accertato, deve essere ispezionata con cura e frequentemente per accertare la presenza di sintomi visivi di colpo di fuoco nel resto della stagione vegetativa in cui è avvenuto l'accertamento e per quella successiva; alla terza stagione vegetativa dalla scoperta, la zona di sicurezza può essere tolta se non siano stati accertati ulteriori casi; la stessa area deve essere ispezionata due volte all'anno nei periodi di giugno-luglio e settembre-ottobre.
2. La scoperta di altri casi di colpo di fuoco in una zona di sicurezza deve comportare l'allargamento della stessa zona per almeno 1 km di raggio dal punto di accertamento.

Articolo 6 - Trattamento del focolaio

1. Il Servizio Fitosanitario Regionale deve ispezionare, per il resto della stagione vegetativa in cui è avvenuto l'accertamento, tutte le piante ospiti dell'area o del campo dichiarato contaminato, controllando anche frequentemente le aree limitrofe.
2. Ogni pianta o parte di pianta con sintomi sospetti di colpo di fuoco deve essere immediatamente estirpata od asportata e distrutta, senza la necessità di analisi batteriologiche di conferma. L'asportazione di parti sintomatiche di fusto deve essere effettuata con taglio ad almeno cinquanta cm dal limite prossimale visibile della lesione.
3. I servizi fitosanitari regionali devono predisporre specifici interventi volti all'eradicazione.

Articolo 7 - Trasporti vietati

1. Per i 12 mesi successivi alla scoperta dell'ultimo caso accertato è vietato trasportare fuori dalla zona di sicurezza o mettervi a dimora piante ospiti di *Erwinia amylovora* o loro parti senza preventiva autorizzazione del servizio fitosanitario regionale.
2. Per i 12 mesi successivi alla scoperta dell'ultimo caso accertato è vietato trasportare fuori dall'area o dal campo dichiarato contaminato materiale vegetale di piante ospiti di *Erwinia amylovora* (inclusi legname, polline, frutti e semi) senza preventiva autorizzazione del Servizio Fitosanitario Regionale.
3. In deroga al primo comma, il Servizio Fitosanitario Regionale può autorizzare la commercializzazione di piante ospiti di *Erwinia amylovora* o loro parti verso zone non protette dell'Unione Europea o verso Paesi terzi.

Articolo 8 - Movimentazione di alveari

1. È vietato lo spostamento di alveari, nei periodi a rischio, da aree o campi contaminati verso aree indenni.
2. I servizi fitosanitari regionali determineranno annualmente i periodi a rischio e le aree interessate al divieto di movimentazione.

Articolo 9 - Distruzione dalle piante infette

1. L'estirpazione di piante, l'asportazione di parti di piante e la loro distruzione devono essere effettuate a spese del proprietario o del conduttore sotto il controllo del Servizio Fitosanitario Regionale. Le parti di piante devono essere accatastate nel punto di estirpazione delle piante infette o in area limitrofa, e bruciate fino all'incenerimento.
2. Le piante infette o loro parti non possono essere trasportate fuori dall'area o dal campo dichiarato contaminato.
3. Al termine delle operazioni tutti gli strumenti di taglio devono essere sterilizzati in loco per via chimica o fisica.

Articolo 10 - Indagine epidemiologica

1. Il Servizio Fitosanitario Regionale, immediatamente dopo l'accertamento ufficiale di un focolaio primario su vegetali messi a dimora nei due anni prima in un territorio precedentemente indenne, deve effettuare un'ispezione presso i vivai delle ditte da cui provengono le piante infette trovate nell'area o nel campo dichiarato contaminato, estendendola anche al territorio circostante per un raggio di 2 km.
2. Fino al termine della stagione vegetativa dell'anno di accertamento del caso, il Servizio

Fitosanitario Regionale deve effettuare altre due ispezioni nonchè due nell'anno seguente, nei periodi maggio-luglio e settembre-ottobre. Qualora i vivai della ditta si trovino in altra regione, deve essere avvertito il Servizio Fitosanitario Regionale competente per territorio che effettuerà le dovute ispezioni.

3. I Servizi Fitosanitari Regionali devono trasmettere al Servizio Fitosanitario Centrale i risultati della indagine epidemiologica.

4. Il Servizio Fitosanitario Regionale competente per territorio deve rilevare le destinazioni delle altre spedizioni effettuate, a partire dal mese di settembre dell'anno precedente l'accertamento del focolaio, dalle ditte di cui al primo comma, dandone comunicazione ai Servizi Fitosanitari delle Regioni di destinazione.

Articolo 11 - Detenzione di colture

1. È vietata la detenzione e la manipolazione di colture di *Erwinia amylovora*.

2. Chiunque per mezzo di analisi batteriologiche effettuate in Italia od all'estero identifichi come *Erwinia amylovora* un batterio associato a materiale vegetale presente o prodotto in territorio italiano deve comunicare immediatamente l'avvenuta identificazione al Servizio Fitosanitario Regionale competente che provvederà alla conferma (allegato I).

Articolo 12 - Deroghe

1. Il Servizio Fitosanitario Centrale può autorizzare, fatte salve le disposizioni della direttiva 77/93/CEE, deroghe alle disposizioni dell'articolo 10 del presente decreto per prove o scopi scientifici, nonchè lavori di selezione varietale purchè tali deroghe non compromettano il controllo dell'organismo nocivo e non creino rischio di disseminazione dello stesso (allegato I).

Nota agli articoli 12 e 13:

- La direttiva 77/93/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1976 è pubblicata nella G.U.C.E. serie L n. 26 del 31 gennaio 1977.

Articolo 13 - Cessazione zone di sicurezza

1. Nelle aree non riconosciute più come "zone protette", ai sensi della direttiva 77/93/CEE, e successive modificazioni, non sussiste l'obbligo di costituire zone di sicurezza.

Nota agli articoli 12 e 13:

- La direttiva 77/93/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1976 è pubblicata nella G.U.C.E. serie L n. 26 del 31 gennaio 1977.

Articolo 14 - Contributi per l'estirpazione

1. Le Regioni al fine di prevenire gravi danni per l'economia di una zona agricola possono stabilire interventi di sostegno alle aziende per l'estirpazione dei frutteti colpiti dalla malattia.

Articolo 15 - Denuncia degli inadempienti

1. Fatta salva l'applicazione dell'articolo 500 del codice penale è facoltà delle Regioni stabilire sanzioni amministrative per gli inadempienti alle disposizioni di cui al presente decreto.

2. Il decreto ministeriale 27 marzo 1996, e successive modifiche, citato nelle premesse è abrogato.

Nota all'art. 15:

- Il D.M. 27 marzo 1996 recante: "Lotta obbligatoria contro il colpo di fuoco batterico (*Erwinia amylovora*) nel territorio della Repubblica" è pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana -

serie generale - n. 81 del 5 aprile 1996.

Articolo 16 - Entrata in vigore

1. Il presente regolamento entra in vigore il giorno successivo alla sua pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana. Il presente decreto, munito del sigillo dello Stato, sarà inserito nella Raccolta ufficiale degli atti normativi della Repubblica italiana. È fatto obbligo a chiunque spetti di osservarlo e di farlo osservare.

Allegato I - MATERIALI E METODI

1. Isolamento ed identificazione

1.1 Prelievo dei tessuti infetti dal materiale sintomatico.

Nel corso della stagione vegetativa il materiale sintomatico può consistere in fiori, frutti, foglie, germogli, branche e tronchi, in presenza od in assenza di essudato. In presenza di essudato, prelevare con ansa qualche goccia e sospenderlo in 3 ml di acqua distillata sterile fino ad ottenere una sospensione leggermente opalescente. In assenza di essudato, si trova il limite delle lesioni e si asportano con bisturi sterile 5 pezzetti di corteccia al bordo dei tessuti infetti, dopo aver asportato gli strati superficiali suberificati. Si preferiscano aree umide ed isole arrossate su branche e tronchi, aloni idropici su fiori e frutti.

1.2. Isolamento.

Macerare 5 pezzetti di tessuto (isodiametrici, di circa 3 mm) in acqua distillata sterile in mortaio, dapprima in 0,1 ml e poi dopo aggiunta di 0,4 ml. Preparare una diluizione decimale in acqua distillata sterile (1:9; v:v) della sospensione dei pezzetti o delle gocce di essudato. Inseminare le sospensioni concentrate e le loro diluizioni decimali su piastre di agar nutritivo al saccarosio (ANS) e mettere le piastre ad incubare in aerobiosi a 27 C. Dopo 48 ore individuare le colonie biancastre, aventi 3-5 mm di diametro, elevate a forma di cupola, lucenti e di aspetto mucoso. Siffatte colonie diconsi comunemente levaniformi. Purificare le colonie levaniformi su piastre di ANS con almeno due trapianti successivi di colonia singola a morfologia tipica. Ottenere da ogni isolamento almeno 5 colture pure. Conservare le colture pure a -80 C in brodo nutritivo glicerina (15%) od a 4 C liofilizzate.

1.3. Identificazione.

Sottoporre le colture pure ai saggi: presenza di ossidasi, produzione di pigmento fluorescente, ipersensibilità su foglie di tabacco, patogenicità su pere ed agglutinazione su vetrino con antisiero specifico per *Erwinia amylovora*.

Le colture a colonie levaniformi, ossidasi negative, non producenti pigmento fluorescente, causanti ipersensibilità su tabacco, marciume ed essudato su pere ed agglutinate dall'antisiero specifico possono essere identificate provvisoriamente come *Erwinia amylovora*.

L'identificazione provvisoria è necessaria e sufficiente per la definizione di una zona contaminata.

1.4. Conferma della identificazione.

Chiunque identifichi come *Erwinia amylovora* un batterio isolato da materiale vegetale deve inviare la coltura pura ad uno dei seguenti centri diagnostici nazionali per la conferma della identificazione.

Istituto di patologia vegetale - Laboratorio di fitobatteriologia Via Filippo Re, 8 - 40126 Bologna.

Istituto di patologia vegetale Via Valdisavoia, 5 - 95123 Catania.

Dipartimento di protezione delle piante dalle malattie Via Amendola, 165/A - 70126 Bari.

Per la spedizione ogni coltura pura, fresca o liofilizzata, deve essere imballata entro un incavo di pannello di polistirolo di adeguato spessore, pressato ai lati da due pezzi di cartone incollati tra loro lungo i bordi mediante nastro adesivo. La coltura pura imballata deve essere messa in sacchetto di polietilene sigillato e spedito con urgenza entro busta foderata. Una spedizione può comprendere più colture. Il centro diagnostico deve essere informato della spedizione con almeno tre giorni di anticipo. Il direttore dell'istituto, cui afferisce il centro diagnostico, comunica per iscritto agli interessati l'esito dei saggi di conferma entro 14 giorni dal ricevimento delle colture pure. La risposta può essere ritardata di 7 giorni in caso di contaminazione delle colture. Presso i centri diagnostici la identificazione è confermata mediante saggi comparativi dei profili elettroforetici delle proteine cellulari totali o dei profili degli esteri metilici dei grassi cellulari totali o per la presenza di peculiari sequenze nucleotidiche mediante loro amplificazione con reazione a catena della polimerasi conformemente alle tecniche più aggiornate ed affidabili indicate dalla letteratura specialistica.

1.5. Standard di riferimento.

Ogni saggio morfologico, fisiologico, patogenetico, immunologico e molecolare di identificazione deve essere fatto in presenza di appropriati controlli positivi e negativi, rappresentati da colture pure o loro estratti.

I protocolli della tecnica di isolamento e dei saggi di identificazione sono oggetto di corsi di addestramento a numero chiuso presso i centri diagnostici, che provvedono a predisporre, conservare ed inviare su richiesta gli standard di riferimento. Le spese per la partecipazione ai corsi di addestramento e per l'acquisizione degli standard di riferimento sono a carico degli interessati.

2. Formulario e protocolli

2.1. Agaracqua.

Ha la seguente composizione: Agar 0,5 g; Acqua distillata, 100 ml. Sterilizzare in autoclave a 121 C per 15 minuti.

2.2. YDC-agar.

Ha la seguente composizione: Estratto di lievito, 1 g; Glucosio, 2 g; Carbonato di calcio (Polvere finissima; Merck 2063), 2 g; Agar 1,5 g; Acqua distillata, 100 ml. Sterilizzare in autoclave a 121 C per 15 minuti. Agitare bene per tenere in sospensione il carbonato di calcio prima di farla solidificare a becco di clarino in tubo.

2.3. Colture batteriche.

Le colture pure dei batteri isolati e le colture di riferimento possono essere coltivate ordinariamente su strisci di YDC-agar in tubo incubate a 25-27 C e conservate temporaneamente a temperature ambiente o più a lungo a 4 C. Su YDC agar *Erwinia amylovora* ha buona crescita già dopo 24 ore. Per il saggio presenza di ossidasi si allevino le colture su strisci di KB agar (vedi produzione di pigmento fluorescente).

2.4. Agar nutritivo al saccarosio (ANS).

Aggiungere 50 g di saccarosio ad ogni litro di agar CM3 (Oxoid) e sterilizzare in autoclave a 121 C per 15 minuti; alternativamente preparare il substrato aggiungendo 8 g di Bacto-Nutrient Broth (Difco; Cat. 0003-17-8), 50 g di saccarosio e 15 g di Agar ad 1 lt di acqua distillata. Dopo aver sciolto l'agar a 100 C, regolare a pH 7 con aggiunta di 3N NaOH. Sterilizzare in autoclave a 121 C per 15 minuti.

Controllo positivo: *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*.

Controllo negativo: *Pseudomonas fluorescens*.

Erwinia amylovora e *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* producono su ANS colonie leviformi.

2.5. Presenza di ossidasi.

Preparare 10 ml di soluzione 1% di tetrametilfenilendiammonio cloruro (es. Merck 821102) (TMFD) in acqua distillata entro un tubo accuratamente pulito. Ritagliare pezzetti (circa 3 X 3 cm) di carta Whatman n. 1 pulita e riporli entro una capsula petri sterile. Dopo aver posto un pezzetto di carta su una superficie di vetro pulita sterile, depositare al centro del pezzetto una goccia della soluzione di TMFD. Mentre la soluzione sta diffondendo radialmente e la carta è ben impregnata, spalmare al centro della area umida una ansata della coltura pura da identificare, avente 18-24 ore di età. Usare una ansa di platino. In presenza di ossidasi, entro 10 secondi compare una macchia porpora violacea scura nell'areola dove è stata deposta la massa batterica. Si ha reazione debolmente positiva quando la macchia compare dopo 10-30 secondi. Se non compare macchia entro 30 secondi, la reazione è negativa.

Controllo negativo: *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*.

Controllo positivo: *Pseudomonas fluorescens*.

2.6. Produzione di pigmento fluorescente.

Si saggia sull'agar nutritivo B di King, Ward e Raney (KB agar) avente la seguente composizione: Proteose Peptone (Difco, Cat. 0122-17-4), 20 g; Glicerina 10 g; K₂HPO₄, 1,5 g; MgSO₄ · 7H₂O, 1,5 g; Agar 15 g; Acqua distillata, 1 litro. Dopo aver sciolto l'agar a 100 (elevato a)0 C, regolare a pH 7,2 con aggiunta di 3N NaOH. Sterilizzare in autoclave a 121 (elevato a)0 C per 15 minuti. Attorno alle colonie delle pseudomonadi fluorescenti cresciute su questo substrato si ha diffusione radiale di pigmenti gialli o verdi o bruni che a luce ultravioletta hanno fluorescenza verde o bleu. L'alone fluorescente è visibile spesso anche alla luce normale di laboratorio. Si tenga presente che certi isolati di *Pseudomonas syringae* non producono pigmento fluorescente su KB agar o lo producono con ritardo e la loro reazione può essere interpretata come negativa.

La presenza di aloni fluorescenti deve essere osservata dopo almeno 3 giorni di incubazione a 27 C.

Controllo positivo: *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*.

Controllo negativo: *Xanthomonas campestris* pv. *pruni*.

2.7. Patogenicità su pera.

Si usino pere immature di cv. Passa Crassana o Conference da 1-2 settimane dopo la caduta dei petali fino a 2-3 settimane prima della maturità fisiologica. Le piccole pere verdi (maggior diametro di 2-3 cm) possono essere raccolte, immerse in soluzione di ipoclorito sodico per 5 minuti, sciacquate in acqua distillata sterile, asciugate con carta bibula sterile e conservate in frigorifero a 4 C. entro contenitori chiusi per parecchi mesi (non oltre gennaio dell'anno successivo). Durante questo periodo esse tendono a maturare gradualmente e divengono man mano meno idonee al saggio. Possono esser usate anche pere delle stesse cultivar conservate nei frigoriferi industriali. Per il saggio si usino perine intere immature oppure fette trasversali tagliate, capsule Petri aventi sul fondo carta bibula immersa in 2-3 mm di acqua distillata. Le perine siano deposte sulla cavità di piccole capsule Petri già predisposte sulla carta bibula in modo che il frutticino non sia a contatto con l'acqua. Le fette di pera, aventi spessore di circa 1 cm, vanno adagiate su uno strato di agar acqua sterile solidificato al fondo di capsule Petri di adeguate dimensioni. La conservazione entro queste capsule Petri assicura alle perine (od alle fette) una adeguata camera umida postinoculazione.

Per l'inoculazione si conficchi per 3-4 mm la punta di un ago attraverso una goccia di 10 ml di sospensione batterica (concentrazione 10⁸ (elevato a)8 batteri/ml) entro i tessuti della perina (o della fetta). Su ogni perina (o fetta) possono aversi 4 punti di inoculazione per isolato. Dopo l'inoculazione le capsule Petri siano conservate a 27 C entro sacchetti di polietilene chiusi. In presenza di *Erwinia*

amylovora si può osservare sulle perine (o sulle fette) dopo 3-5 giorni la presenza di goccioline lattiginose di essudato. Una perina inoculata con *Erwinia amylovora* tende a marcire per intero entro una settimana. L'area di perina che *Erwinia amylovora* riesce ad infettare a seguito di inoculazione sperimentale è tanto più grande quanto più giovane è il frutto; di conseguenza le lesioni tendono ad essere circoscritte man mano si avvicina la maturità di raccolta.

Gli isolati di *Pseudomonas syringae* causano entro 1-7 giorni sulle perine (o sulle fette) aree imbrunite di aspetto secco attorno al foro d'inoculazione, senza alcuna produzione di essudato. Per gli isolati di piante ospiti diverse da biancospino e pero è opportuno ripetere a dose doppia le prove di patogenicità su perine o fette di pera, nei casi in cui la prima inoculazione non causa alcun sintomo riferibile ad *Erwinia amylovora*.

Controllo positivo: *Erwinia amylovora* (Ceppo padano).

Controllo negativo I: *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*.

Controllo negativo II: Acqua distillata.

2.8. Antisiero.

Si usi un antisiero od anticorpi monoclonali preparati usando come antigene una coltura pura o molecola purificata di *Erwinia amylovora*, messi a punto per la reazione di agglutinazione, di cui sia stata saggiata la specificità con un congruo numero di batteri saprofiti associati a pomacee.

Antisiero o anticorpi monoclonali possono essere richiesti ai centri diagnostici od acquistati in commercio da ditte specializzate. L'antisiero e gli anticorpi monoclonali devono essere conservati ed usati secondo le indicazioni dei centri diagnostici o delle ditte produttrici.

2.9. Agglutinazione su vetrino.

Si usino vetrini portaoggetti per microscopia, trasparenti, puliti, ma non troppo sgrassati per evitare che le gocce d'acqua depositate sopra si espandano troppo e creino un film troppo sottile.

Depositare separatamente su uno stesso vetrino una goccia di antisiero specifico diluito circa da 1:20 a 1:30 (v:v) con soluzione fisiologica (0,85 g di NaCl in 100 ml di acqua distillata) ed una goccia di sospensione densa di cellule del batterio da identificare.

La sospensione deve essere lattiginosa, ben visibile ad occhio nudo, ed avere una concentrazione dell'ordine di 10 (elevato a) 10 batteri/ml. Mescolare delicatamente con ansa sterile le due gocce e poi imprimere al vetrino un movimento di oscillazione. In caso di agglutinazione, si nota la formazione di flocculi biancastri entro 1-2 minuti.

Se la flocculazione è immediata, i flocculi sono vistosi e grossolani. Se la flocculazione è ritardata (dopo circa 30 secondi), i flocculi sono piccoli e minuti, osservabili facendo scorrere a film lungo il vetrino la mistura di reazione. Controllo positivo: *Erwinia amylovora* (ceppo padano).

2.10. Ipersensibilità su foglie di tabacco o baccelli verdi di fagiolo.

Il saggio si effettua su foglie adulte di piante di tabacco (*Nicotiana tabacum* L.), preferibilmente delle cultivar Samsun o White Burley.

Si prepari in acqua distillata sterile in provetta di vetro una sospensione di coltura pura, avente concentrazione dell'ordine di 10 (elevato a) 8 batteri/ml. La coltura deve essere ben cresciuta ed avere 24h di età. Questa concentrazione è riconoscibile con buona approssimazione allorchè osservando contro luce si nota che la torbidità è uniforme ed intensa e che, agitando la provetta, i vortici generati dalle cellule sospese sono facilmente distinguibili; i vortici non sono più osservabili quando la concentrazione è di 10 (elevato a) 7 batteri/ml o di 10 (elevato a) 9 batteri/ml.

Al mattino, con siringa da 1 ml ed ago sottile (numeri da 16 a 20) si infiltri la sospensione appena preparata in zona circoscritta di una area internervale di foglia; più colture possono essere infiltrate in

altrettante aree internervali di una stessa foglia.

L'area internervale infiltrata deve essere marcata con appropriata etichetta autoadesiva al bordo della foglia.

Durante l'infiltrazione è opportuno disporre sotto alle foglie ed attorno alla pianta fogli di materiale assorbente (es. carta bibula, giornali pluristratificati) in modo da raccogliere eventuali gocce disperse.

Dopo l'infiltrazione, asciugata la superficie della foglia da eventuali gocce residue di sospensione batterica con pezzetti di carta bibula, le piante siano conservate a temperatura di 22-28 C con alternanza di ore di luce (da 8 a 14) e di buio.

In caso di ipersensibilità, già dopo 24 ore si osserva che la intera zona internervale infiltrata con la coltura pura è collassata ed imbrunita. Questa risposta è comunemente indicata come necrosi ipersensibile confluyente. Nei giorni successivi la zona ipersensibile dissecca ulteriormente ed assume consistenza papiracea.

Erwinia amylovora e Pseudomonas syringae pv. syringae (od altre patovar), ma non i batteri saprofiti, causano necrosi confluyente ipersensibile.

Controllo positivo: Pseudomonas syringae pv. syringae.

Controllo negativo: Acqua distillata.

2.11. Distruzione dei materiali infetti o contaminati.

I campioni di piante infette, le piante o le foglie di tabacco, le perine o le fette di pera usati per gli isolamenti e l'identificazione, tutti i materiali assorbenti contaminati e qualsiasi altro oggetto venuto in contatto con i germi di Erwinia amylovora devono essere raccolti in sacchetti autoclavabili e sterilizzati in autoclave a 121 C per 15 minuti.

Allegato II

1. Rete nazionale di monitoraggio

Deve essere approntata secondo le indicazioni della circolare ministeriale del 4 agosto 1991, integrate da quelle del presente allegato. La rete nazionale si compone di tre reti interregionali continentali (setentrionale, tirrenica e adriatica) e di due reti insulari (Sardegna e Sicilia). La rete interregionale settentrionale è composta dalle reti delle regioni Emilia-Romagna, Friuli-Venezia Giulia, Liguria, Lombardia, Marche, Piemonte, Val d'Aosta, Veneto e delle province autonome di Trento e di Bolzano. La rete interregionale tirrenica è composta dalle reti delle regioni: Calabria, Campania, Lazio, Toscana ed Umbria. La rete interregionale adriatica è composta dalle reti delle regioni Abruzzo, Lucania, Molise e Puglia.

2. Reti regionali di monitoraggio

Ogni rete regionale è costituita da punti e linee, è gestita dal Servizio Fitosanitario Regionale e si avvale di un centro diagnostico.

2.1. Punti di monitoraggio.

Sono piante ospite di Erwinia amylovora, singole od a gruppi, distanti tra loro circa km 5. Devono essere disposte preferibilmente lungo vie di comunicazione ed essere facilmente identificabili da un ispettore in auto. Ogni punto ha una propria scheda su cui sono annotati coordinate geografiche, punti di riferimento, fotografie, strade di accesso e risultati delle ispezioni.

2.2. Linee di monitoraggio.

Sono costituite da piante ospite di Erwinia amylovora distribuite continue od a breve interdistanza su

lungi tratti di strade, autostrade, corsi d'acqua e linee ferroviarie. Ogni linea ha una propria scheda come i punti.

2.3 Ispettori.

Sono membri del Servizio Fitosanitario Regionale o persone da esso autorizzate a compiere le ispezioni dei punti e delle linee.

2.4 Ispezioni.

Sono fatte in auto lungo itinerari prestabiliti secondo la distribuzione dei punti e delle linee di monitoraggio nel territorio. Ogni punto o linea è ispezionato due volte all'anno, nei periodi maggio-luglio e settembre-ottobre.

2.5 Centri diagnostici.

Ogni rete regionale ha un centro diagnostico cui gli ispettori inviano i campioni sospetti. I centri effettuano l'analisi batteriologica dei campioni, comprendente l'isolamento di *Erwinia amylovora* e la sua identificazione provvisoria per la costituzione delle zone contaminate.

DECRETO MINISTERIALE 17 APRILE 1998 - DISPOSIZIONI SULLA LOTTA OBBLIGATORIA CONTRO LA PROCESSIONARIA DEL PINO "TRAUMATOCAMPA PITYOCAMPA"

(Omissis)

Articolo 1

La lotta contro la processionaria dei pino "*Thaumetopoea pityocampa*" (Den. et Schif) è obbligatoria su tutto il territorio della Repubblica italiana, nelle aree in cui la presenza dell'insetto minacci seriamente la produzione o la sopravvivenza del popolamento arboreo e possa costituire un rischio per la salute delle persone o degli animali.

Articolo 2

Gli accertamenti fitosanitari per individuare le zone a rischio di cui all'art.1, devono essere effettuati annualmente dai Servizi fitosanitari regionali nel territorio di competenza, avvalendosi della collaborazione del Corpo forestale dello Stato.

Articolo 3

Il Servizio fitosanitario regionale, qualora a seguito delle indagini previste dall'art.2, rilevi la presenza del fitofago in misura tale da costituire un rischio per la produttività o la sopravvivenza del popolamento arboreo e conseguentemente per la tutela della salute pubblica e degli animali ne dà comunicazione al presidente della giunta regionale il quale dispone misure di intervento di lotta obbligatoria secondo le modalità stabilite dal Servizio fitosanitario regionale.

Negli altri casi il Servizio fitosanitario regionale, qualora ne vanga a conoscenza, comunica la presenza del fitofago al sindaco e stabilisce le modalità di lotta più opportune.

Gli eventuali interventi di profilassi disposti dall'autorità sanitaria competente dovranno essere effettuati secondo le modalità concordate caso per caso con il Servizio fitosanitario nazionale.

Articolo 4

I proprietari o i conduttori dei terreni in cui si trovano piante infestate sono obbligati a comunicare immediatamente la presenza dei focolai al Servizio fitosanitario regionale competente per territorio. Detto Servizio fitosanitario, dopo aver effettuato gli opportuni sopralluoghi tecnici, stabilisce le

modalità di intervento più idonee.

Articolo 5

I decreti ministeriali del 20 maggio 1926 e del 12 febbraio 1939, citati nelle premesse, sono abrogati.

Articolo 6

Fatta salva l'applicazione dell'art. 500 del codice penale, è facoltà delle regioni stabilire sanzioni amministrative per gli inadempienti alle disposizioni di cui al presente decreto.

Art. 7

Il presente decreto, dopo la registrazione alla Corte dei conti, sarà pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica.

ALLEGATO N. 13 (CAP VI): PARCO DEL VALENTINO. REGOLAMENTO PER LE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DI MANIFESTAZIONI CHE COMPORTANO OCCUPAZIONE DI SUOLO PUBBLICO

REGOLAMENTO DI FRUIZIONE PER IL PARCO DEL VALENTINO

1. La regolamentazione degli usi e delle attività consentite all'interno del parco del Valentino si ispira alla necessità di armonizzare una diffusa richiesta di fruizione di un vasto parco storico urbano, ricco di punti di attrazione e ospitante al suo interno molteplici attività, con l'esigenza di tutelare il patrimonio storico, culturale, naturalistico e ambientale in esso presente, racchiuso tra una fascia urbana come quella del quartiere di San Salvario e la sponda fluviale. Il presente Regolamento non è comunque sostitutivo delle norme di tutela di rango superiore: leggi nazionali di tutela dei beni storici e paesistici (legge 1089 del 1.6.1939; legge 1947 del 28.8.1939; legge 431 dell'8.8.1985); legge regionale sulla tutela dell'ambiente (L.R. n. 32 del 2.11.1982; L.R. n. 20 del 3.4.1989); P.T.O. e Piano d'Area del Sistema delle Aree Protette delle Fasce Fluviali del Po Torinese. Inoltre, per tutto quanto non è qui espressamente indicato, si rimanda al Regolamento di Polizia Urbana della Città di Torino e agli altri regolamenti municipali di competenza.

ARTICOLO I - TERRITORIO DEL PARCO

1. La perimetrazione del Parco del Valentino è quella definita dal P.R.G. della Città di Torino, ed ha come confini corso Sclopis, via Petrarca, corso Massimo D'Azeglio, corso Vittorio Emanuele II ed il fiume Po tra i ponti Umberto I e Principessa Isabella. Il P.R.G. lo inserisce in aree per servizi pubblici "v": spazi pubblici a parco per il gioco e lo sport (servizi zonali ex art. 21 L.U.R.). All'interno del Parco è ricompresa un'area destinata a servizi pubblici "u": istruzione universitaria (Servizi Sociali e attrezzature di interesse generale oltre alle quantità minime di Legge). In adiacenza al Parco il Piano individua un'area con prescrizioni particolari caratterizzata dalla presenza del complesso di Torino Esposizioni. Nel suo complesso il parco è definito come "area di elevata qualità ambientale" anche dall'Ente di Gestione del Sistema delle Aree Protette della Fascia Fluviale del Po il cui Regolamento del Parco del Valentino precede ed integra il presente Regolamento.

ARTICOLO II - REGIME VIABILE DEL PARCO

1. Il Parco nel suo insieme viene dal presente Regolamento classificato come zona pedonale, all'interno del perimetro delimitato da viale Millo, viale Boiardo, piazzale del Monumento ad Amedeo d'Aosta, corso Massimo D'Azeglio, corso Vittorio Emanuele II ed il fiume Po, con esclusione degli

accessi veicolari al V. Padiglione per il suo regime particolare. Le aree pedonali ai sensi del Codice della Strada (art. 7) verranno definite e perimetrate con appositi atti deliberativi dopo l'approvazione del presente Regolamento, anche in funzione del mantenimento temporaneo delle aree di parcheggio perimetrali al servizio del parco, come individuate nell'ultimo capoverso del presente articolo.

2. Le superfici bitumate all'interno del Parco non vengono identificate come aree per la viabilità ordinaria, ma semplicemente quali sedimi di fruizione pedonale e viabilità di servizio, la cui sezione può essere, ove occorra, ridotta e altresì ricostituita con altri materiali più rispondenti alla storicità del sito. Le aree di parcheggio temporaneamente esistenti all'interno del Parco sono viale Boiardo, viale Millo, primo tratto di viale Virgilio, alcuni segmenti di viale Mattioli.

ARTICOLO III - ACCESSI VEICOLARI E SOSTA

1. L'accesso al Parco per i veicoli a motore è consentito soltanto da viale Virgilio in prossimità del Monumento all'Artigliere. Possono accedere al parco ed eventualmente sostarvi con veicoli a motore soltanto i residenti e gli operatori delle attività e dei servizi in esso situati muniti di apposito contrassegno rilasciato dall'Ufficio Comunale competente, i mezzi dei disabili, i mezzi dei fornitori, tutti i mezzi di pubblico servizio ed i veicoli di soccorso. Ogni veicolo deve comunque seguire il percorso più breve per recarsi alla sua destinazione, in entrata e in uscita, e non deve superare la velocità di 20 Km orari, e comunque attenersi a quanto previsto dall'art. 141, 1. comma, del Codice della Strada. Ogni residente e ogni titolare di attività è tenuto a parcheggiare il suo veicolo all'interno della sua area di pertinenza, salvo manifesta e comprovabile impossibilità. Su tutta l'area del Parco è vietata la sosta, eccetto per i mezzi di servizio e per i veicoli adibiti al rifornimento degli esercizi ivi ubicati. In ogni caso i veicoli autorizzati all'ingresso nel Parco possono percorrere esclusivamente i sedimi carrabili, e sono rigorosamente tenuti a dare la priorità a pedoni e ciclisti.

ARTICOLO IV - BICICLETTE ED ALTRI VEICOLI A PEDALI

1. I ciclisti ed altri veicoli a pedali devono rispettare sia le norme generali che specifiche del Codice della Strada, dare la precedenza ai pedoni, restare sui viali o sulle piste ciclabili, procedere a velocità moderata per evitare danni a cose e persone, dato il forte affollamento del parco, e non devono accedere ad aree prative. Eventuali altri veicoli atipici dovranno ispirarsi alle stesse norme di prudenza, rispetto dell'ambiente e dare precedenza al transito pedonale.

ARTICOLO V - SANZIONI PER I TRASGRESSORI

1. Ai trasgressori delle norme sopraindicate saranno applicate le sanzioni previste dal Codice della Strada per il corretto rispetto delle norme relative alle aree pedonali, dal Regolamento di Polizia Urbana, nonché quelle previste eventualmente dalle altre leggi e normative di carattere regionale e nazionale sulla tutela dell'ambiente.

ARTICOLO VI - TUTELA DEL TERRITORIO E DELL'AMBIENTE

1. Sono vietati danneggiamenti e manomissioni del manto erboso, delle aiuole, delle siepi, delle alberate, delle fioriture, degli arredi e delle panchine, delle fontane e laghetti, dei giochi bimbi, dei servizi igienici. È assolutamente vietato l'abbandono di rifiuti fuori degli appositi contenitori, l'accensione di fuochi, l'allestimento di barbecue. È vietato bivaccare, campeggiare, allestire gazebo sulle aree verdi e su tutte le aree pubbliche del Parco salvo espresse autorizzazioni. All'interno delle aree appositamente recintate (come il Roseto ed il Giardino Roccioso) di particolare pregio naturalistico, è vietato camminare e sdraiarsi sui manti erbosi, introdurre cani, transitare in bicicletta. In tali aree sono

anche esposti specifici orari di accesso al fine di una fruizione controllata.

ARTICOLO VII - PUNTI DI RISTORO E SERVIZI

1. Oltre ai locali pubblici esistenti, le attività di somministrazione di cibi e bevande sono ammesse soltanto nei chioschi fissi o mobili espressamente autorizzati. La collocazione dei punti di ristoro è stabilita da apposita regolamentazione nei siti espressamente identificati, secondo il modello già stabilito dal Settore Arredo e Immagine Urbana della Città di Torino; gli spazi occupati devono essere limitati a quelli stabiliti nella concessione di occupazione di Suolo Pubblico. Eventuali abusi commessi mediante la installazione di insegne pubblicitarie non preventivamente autorizzate, e non consone all'impianto storico del parco, saranno sanzionati dall'apposito regolamento e segnalati ai Settori competenti per l'emissione delle conseguenti ordinanze di rimozione. Chioschi ed altri locali di pubblico esercizio dovranno utilizzare i contenitori per la raccolta differenziata dei rifiuti.

2. Altre forme di commercio ambulante o itinerante all'interno del Parco, compresa la collocazione di furgoni attrezzati, sono espressamente vietate. Gli spettacoli viaggianti e la collocazione di giostre sono consentiti soltanto nei siti a ciò predisposti nell'area di superficie sopra il V. Padiglione adiacente a viale Ceppi, ed eventualmente in altri siti consentiti a carattere temporaneo proposti dalla Circoscrizione competente e dal Settore interessato secondo la programmazione annuale. La tipologia degli allestimenti dovrà essere sottoposta a parere preventivo del Settore Arredo e Immagine Urbana. La collocazione non è consentita su aiuole e aree verdi.

ARTICOLO VIII - NORME PER I CANI

1. Per il mantenimento dell'igiene pubblica, data l'intensa fruizione pubblica, vengono identificate aree specifiche e attrezzate per i cani liberi. Fuori dagli spazi opportunamente attrezzati i cani devono essere condotti al guinzaglio e, ove previsto, con museruola, e comunque nel rispetto delle norme regolamentari in materia. Le deiezioni canine devono essere prontamente rimosse dai proprietari dei cani secondo i regolamenti vigenti in materia, anche all'interno delle aree attrezzate.

ARTICOLO IX - MANIFESTAZIONI CONSENTITE E MODALITÀ DI SVOLGIMENTO

1. Attività collettive, manifestazioni ed occupazioni di suolo pubblico sono consentite all'interno del Parco solo per iniziative culturali, sportive (comunque escluse tutte quelle a carattere motoristico), ricreative e didattiche, nonché per quelle rivolte alla promozione dell'immagine della Città.

2. Le manifestazioni autorizzate dovranno svolgersi soltanto sui viali esistenti e sui sedimi carrabili, senza danneggiare in alcuna forma le aree verdi, e senza impedire la fruizione pubblica del Parco, ed ostacolare il transito pedonale, al di là del tempo strettamente necessario allo svolgimento della manifestazione. Nel caso di manifestazioni sportive e gare podistiche saranno ammessi al transito soltanto i mezzi di soccorso e di servizio. In ogni caso le manifestazioni autorizzate non dovranno:

- a) snaturare la destinazione dei viali del parco, che dovranno essere comunque al servizio della fruizione pedonale;
- b) ostacolare gli accessi e la fruizione con strutture fisse e barriere architettoniche;
- c) essere in palese contrasto con i caratteri storico-ambientali del Parco stravolgendoli e alterandoli con allestimenti di strutture, supporti pubblicitari, piste e parcheggi;
- d) dovranno svolgersi nel rispetto delle norme in materia di inquinamento acustico, atmosferico e luminoso;
- e) ogni organizzatore di manifestazioni è tenuto ad apportare a sue spese gli adattamenti necessari

per lo svolgimento della manifestazione autorizzata, alla pulizia dell'area occupata, e al ripristino dello stato dei luoghi secondo le prescrizioni del Settore Verde Pubblico della Città di Torino.

ARTICOLO X - PROGRAMMAZIONE DELLE MANIFESTAZIONI

1. Onde evitare l'accavallamento di più iniziative e la loro casualità, le manifestazioni autorizzate dovranno di norma rientrare in un quadro di programmazione annuale concertato da tutti i Settori coinvolti (Verde Pubblico, Cultura, Sport, Turismo e Tempo Libero, Spettacoli Viaggianti), con l'Ente Parco del Po Torinese e con gli altri Enti presenti nel parco.
2. Tutte le manifestazioni dovranno avere il parere specifico dell'Ente del Parco del Po Torinese, dei settori comunali competenti e, per le richieste di maggiore rilievo, della Sovrintendenza ai Beni Ambientali. Gli organizzatori dovranno rispettare scrupolosamente le prescrizioni ed in particolare quelle sul ripristino e la pulizia dell'area concessa e versare le fidejussioni che verranno indicate a garanzia di eventuali danni. Semplici richieste di occupazioni di suolo pubblico potranno essere autorizzate per allestire punti informativi a carattere culturale, politico ed associativo nell'esercizio dei diritti previsti dalle Leggi e dallo Statuto della Città di Torino. Chi si renda responsabile di gravi inadempimenti e/o danneggiamenti non potrà ottenere il rilascio di autorizzazioni per manifestazioni sul territorio comunale per un anno.

ARTICOLO XI - RISPETTO DELLE SPONDE FLUVIALI

1. Le manifestazioni che verranno autorizzate lungo le sponde fluviali di pertinenza del Parco non dovranno comportare manomissione delle sponde e degli imbarchi, abbandoni di rifiuti nell'acqua e sulla sponda, scarichi inquinanti, danni alla flora, all'avifauna e all'ittiofauna.

ARTICOLO XII - OBBLIGHI DEI TITOLARI DI CONCESSIONI COMUNALI

1. Negli immobili di proprietà comunale dati in concessione esistenti all'interno del Parco non saranno autorizzati ampliamenti, modifiche di destinazione d'uso, alterazioni degli affacci sul Parco e sul fiume e delle tipologie architettoniche se non espressamente consentite dagli uffici competenti, e in coerenza con i caratteri ambientali e paesistici del Parco del Valentino. I titolari delle attività sportive, ricreative e di ristorazione e di spettacolo viaggiante esistenti all'interno del Parco sono tenuti al rispetto del presente Regolamento, e dovranno prenderne atto al momento del rinnovo o del rilascio della concessione, impegnandosi al suo rispetto, in quanto il Regolamento farà parte integrante dell'atto.
2. I circoli rivieraschi e le attività collocate sulla sponda in regime di concessione dovranno consentire, su richiesta, l'accesso pubblico alla sponda e rispettare le clausole stipulate in merito alla fruizione pubblica degli impianti. Dovranno inoltre garantire l'accesso agli operatori e ai mezzi del Comune di Torino per le attività di pulizia e manutenzione dell'alveo.
3. Ogni violazione delle disposizioni di cui al presente Regolamento, nonché di quelle vigenti in materia di inquinamento ambientale, commesse dai titolari di concessione di cui ai commi precedenti, dovrà essere segnalata dall'organo accertatore al settore Verde Pubblico della Città di Torino.
4. Quest'ultimo provvederà ad informare, previa formalizzazione di parere in merito, la Divisione competente al rilascio della concessione, la quale, in caso di accertamento di almeno due violazioni nell'arco dello stesso anno solare, provvederà alla revoca del provvedimento.
5. Il provvedimento di revoca della concessione potrà altresì essere adottato a fronte di reiterati comportamenti comunque considerati dall'Amministrazione Comunale gravemente incompatibili con le finalità del presente Regolamento secondo le modalità stabilite dal comma precedente.

ARTICOLO XIII - SETTORE DI COMPETENZA

1. Considerato il carattere specifico del Parco, destinato a Verde Pubblico Attrezzato e Servizi collegati a tale funzione, ed essendo in via prioritaria demandata la gestione del Parco in tutti i suoi aspetti di manutenzione ordinaria e straordinaria al Settore Verde Pubblico della Città di Torino, a tale Settore spetta la competenza primaria in merito alle presenti regole di fruizione.
2. Pertanto altri settori tecnici ed amministrativi cui pervenissero richieste di utilizzo del Parco sono tenuti a trasmetterle al Settore Verde Pubblico, a cui spetterà il parere vincolante, di concerto con la Circoscrizione territorialmente competente, e con la Polizia Municipale.

ARTICOLO XIV - POTERE SANZIONATORIO

1. Il compito di verificare l'osservanza delle disposizioni del presente Regolamento spetta in via generale al Corpo di Polizia Municipale della Città, nonché in via speciale e limitatamente alle materie di specifica competenza agli altri funzionari comunali e non, ove consentito dalla legge o previsto da apposite convenzioni tra la Città e gli organismi di appartenenza.

ARTICOLO XV - AUTORIZZAZIONI

1. Come indicato al punto XIII, ogni richiesta di utilizzo del Parco andrà indirizzata alla Direzione del Settore Verde Pubblico, che provvederà ad esaminarla di concerto con la Circoscrizione competente e con il Comando di zona della Polizia Municipale, e ad interpellare gli altri Settori Comunali. Il Settore Verde Pubblico svolgerà la funzione di "sportello unico" per quanto riguarda la Città di Torino, e si impegna a formulare risposte entro il termine massimo di 30 giorni.
2. Le richieste di maggior rilievo, che comportassero ipotesi di modifiche sostanziali all'assetto del parco, dovranno in ogni caso essere preventivamente sottoposte all'Ente Parco del Po Torinese e alla Soprintendenza ai Beni Ambientali, e corredate dai pareri relativi.

ARTICOLO XVI - NORMA TRANSITORIA

1. Approvato il presente Regolamento, l'Amministrazione Comunale si impegna a promuovere e concertare un piano di gestione del Parco del Valentino che tenda ad orientarne e programmarne la fruizione di concerto con tutti gli Enti e Associazioni interessati: Parco del Po Torinese, Politecnico di Torino, Università, Torino Esposizioni, Società Promotrice delle Belle Arti, Musei Civici, Associazioni Reniere. Tale piano di gestione sarà indirizzato anche alla stesura di un programma pluriennale di conservazione e di restauro del Parco con l'individuazione di eventuali fonti di finanziamento pubbliche e private, ed alla formazione di un Comitato di Gestione (o Direzione del Parco) in cui saranno rappresentati gli Enti sopracitati.
-

ALLEGATO N. 14: TABELLA DELLE SANZIONI AMMINISTRATIVE

1. Con riferimento all'Articolo 87 del Regolamento del verde pubblico e privato, nella tabella sottostante viene individuata la procedura sanzionatoria progressiva a seconda della diversa gravità comportamentale posta in essere dal soggetto responsabile della violazione. Inoltre, se del caso, con l'applicazione della sanzione amministrativa accessoria del ripristino dello stato dei luoghi a cura e spese del responsabile della violazione e dell'inosservanza.

2. Ferma restando l'applicazione delle più gravi sanzioni penali e/o amministrative previste dalle leggi vigenti in materia, ogni violazione e inosservanza delle norme e prescrizioni del presente Regolamento è punita con la sanzione amministrativa pecuniaria specificamente determinata con provvedimento della Civica Amministrazione, in conformità della disciplina generale di cui al capo I della Legge 24 novembre 1981, n.689; secondo quanto previsto dall'Articolo 7 bis del Decreto Legislativo 18 agosto 2000 n. 267 (Testo Unico delle Leggi sull'Ordinamento degli Enti Locali), da un minimo di 25 Euro ad un massimo di 500 Euro.

TABELLA DELLE SANZIONI AMMINISTRATIVE		
Articoli	Sanzione (in Euro)	Pagamento in misura ridotta entro 60 giorni (in Euro)
Articolo 15 - Individuazione e salvaguardia dei parchi e giardini di pregio storico, architettonico e ambientale pubblici e privati		
A) Interventi su proprietà private	Da 80,00 a 500,00	160,00
Articolo 19 - Interventi sugli alberi di pregio	Da 80,00 a 500,00	160,00
Articolo 21 - Lavori colturali di manutenzione ordinaria e straordinaria	Da 80,00 a 500,00	160,00
Articolo 22 - Salvaguardia delle siepi e delle macchie arbustive	Da 25,00 a 150,00	50,00
Articolo 29 - Prescrizioni generali per le aree di pertinenza e le banchine alberate		
A) Situazioni esistenti	Da 80 a 500	160,00
B) Nuovi progetti	Da 80 a 500	160,00
Articolo 31 - Obblighi e divieti nelle aree di cantiere		
Punto a)	Da 50,00 a 300,00	100,00
Punto b)	Da 25,00 a 150,00	50,00
Punto c)	Da 50,00 a 300,00	100,00
Punto d)	Da 80,00 a 500,00	160,00
Punto e)	Da 50,00 a 300,00	100,00
Punto f)	Da 25,00 a 150,00	50,00
Punto g)	Da 25,00 a 150,00	50,00
Punto h)	Da 50,00 a 300,00	100,00
Articolo 32 - Interventi nel sottosuolo in prossimità delle alberature pubbliche		
Punti a); b); c)	Da 80,00 a 500,00	160,00
Articolo 33 - Protezione degli alberi	Da 50,00 a 300,00	100,00

Articolo 34 - Deposito di materiali su aree pubbliche	Da 50,00 a 300,00	100,00
Articolo 35 - Transito di mezzi	Da 80,00 a 500,00	160,00
Articolo 38 - Abbattimento di alberature pubbliche	Da 80,00 a 500,00	160,00
Articolo 39 - Abbattimenti in ambito privato in aree sottoposte a vincoli	Da 80,00 a 500,00	160,00
Articolo 40 - Abbattimenti in ambito privato in aree non sottoposte a vincoli	Da 50,00 a 300,00	100,00
Articolo 42 - Vegetazione sporgente su viabilità pubblica	Da 80,00 a 500,00	160,00
Articolo 80 - Divieti comportamentali e divieti di utilizzo improprio degli spazi verdi		
A) Divieti comportamentali		
Punti a); b) c); d); e); f); g); h); i); j); k); l); m); n); o); p); q);	Da 25,00 a 150,00	50,00
Punto r)	Da 50,00 a 300,00	100,00
B) Divieti di utilizzo improprio degli spazi verdi		
Punti a); b) c); d); e); f); g); h); i); j); k); l); m)	Da 25,00 a 150,00	50,00
Articolo 84 - Biciclette e velocipedi	Da 25,00 a 150,00	50,00
Articolo 85 - Giochi e attività sportive	Da 50,00 a 300,00	100,00

**"Norme e Prescrizioni Tecniche" approvate con
Deliberazione della Giunta Comunale in data 28 novembre 2000**

ARTICOLO 1

FONDAZIONI

**1.1. FONDAZIONE O SOTTOFONDAZIONE STRADALE IN MISTO GRANULARE DI CAVA
O DI FIUME NON LEGATO**

1.1.1 DESCRIZIONE

La fondazione o sottofondazione in oggetto e' costituita da una miscela di inerti stabilizzati granulometricamente; la frazione grossa di tale miscela (trattenuta al setaccio UNI 2 mm) puo' essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale assolutamente scevro da sostanze organiche e con minime quantita' di materiali limosi ed argillosi e ritenuto idoneo dalla D.L.

La fondazione potra' essere formata da materiale di apporto idoneo oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

Lo spessore da assegnare alla fondazione o alla sottofondazione sara' fissato dalla D.L. (minimo cm.20)

1.1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, rispondera' alle caratteristiche seguenti:

a) la dimensione massima degli inerti non potrà essere superiore alla metà dello spessore compreso dello strato di fondazione e in ogni caso non sarà mai superiore a mm.100.

b) granulometria compresa nel seguente fuso avente andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello della curva limite:

Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale in peso %
crivello 71	100
" 40	75-100
" 25	60-87
" 10	35-67
" 5	25-55
setaccio 2	15-40
" 0,4	7-22
" 0,075	2-10

c) Rapporto tra il passante al setaccio UNI 0,075 mm. ed il passante al setaccio UNI 0,4 mm. inferiore a 2/3

d) Perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30% in peso.

e) Equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio ASTM n.4; compreso tra 25 e 65 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento).

Tale controllo dovrà anche essere eseguito per materiale prelevato dopo il costipamento.

Il limite superiore dell'equivalente in sabbia "65" potrà essere modificato dalla D.L. in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale.

Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35 la D.L. richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza C.B.R. di cui al successivo comma.

Indice di portanza C.B.R. dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non minore di 50%

E' inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di +2% rispetto all'umidità ottima di costipamento.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a, b, d, e, salvo nel caso citato al comma e) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

1.1.3 STUDIO PRELIMINARE

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate dalla D.L. mediante prove di laboratorio sui campioni che l'Impresa avrà cura di presentare a tempo opportuno.

Contemporaneamente l'Impresa dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, le modalità di stesa e compattazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

I requisiti di accettazione verranno inoltre accertati con controlli della D.L. in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo avere effettuato il costipamento.

1.1.4 MODALITÀ ESECUTIVE

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma, i requisiti di compattezza ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 40 cm e non inferiore a 10 cm. e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante appositi dispositivi umidificatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti al gelo lo strato

compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi.

L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla D.L. con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento).

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova ASSHTO modificata (ASSHTO T 180-57 metodo D) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio 3/4".

Per gli strati adibiti a fondazione il valore del modulo di deformazione M.D. misurato con piastra 0 cm.30, nell'intervallo compreso tra 1,5 e 2,5 kg/cm², non dovrà essere inferiore a 1000 kg/cm² (700 Kg/cm^q per gli strati adibiti a sottofondazione).

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di 4 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

1.1.5 FONDAZIONE IN MISTO STABILIZZATO A CEMENTO CONFEZIONATO IN CENTRALE

1.1.5.1 DESCRIZIONE

Il misto stabilizzato a cemento (misto cementato) per fondazione (sottobase) sarà costituito da una miscela di inerti lapidei impastata con cemento ed acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume, da stendersi in un unico strato dello spessore compreso tra cm 15 e cm 25.

Altri spessori potranno essere richiesti purché non inferiori a 12 cm. e

non superiori a 35 cm.

1.1.6 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

1.1.6.1. INERTI

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva compresa tra il 35% ed il 60% in peso sul totale degli inerti. A discrezione della D.L. potranno essere impiegate quantità di materiale frantumato superiori al limite stabilito, in questo caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a 7 giorni prescritte nel seguito; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante allo 0,075 mm.

Gli inerti avranno i seguenti requisiti:

- Aggregato di dimensioni non superiori a 40 mm, non di forma appiattita,
- allungata o lenticolare;
- Granulometria compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo ed uniforme (CNR B.U. n.23 del 14.12.1971);

Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale in peso %
crivello 40	100
" 30	80-100
" 25	72-90
" 15	53-70
" 10	40-55
" 5	28-40
setaccio 2	18-30
" 0,4	8-18
" 0,18	6-14
" 0,075	5-10

- Perdita in peso alla prova Los Angeles (CNR B.U. n:34 del 28.03.73) non superiore a 30% in peso;

- Equivalente in sabbia (CNR B.U. n.27 del 30.3.1972) compreso fra 30 e 60;
- Indice di plasticita' (CNR UNI 10014) uguale a zero (materiale non plastico)

1.1.7 LEGANTE

Dovra' essere impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'alto forno) di classe 325.

A titolo indicativo la percentuale di cemento sara' compresa tra il 3% e il 3,5% sul peso degli inerti asciutti.

1.1.8 ACQUA

Dovra' essere esente da impurita' dannose, oli, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva.

La quantita' di acqua nella miscela sara' quella corrispondente all'umidita' ottima di costipamento con variazione compresa entro + 2% del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resitenze appresso indicate.

1.1.9 STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO

L'Impresa dovra' proporre alla D.L. la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

La percentuale di cemento, come la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi C.B.R. (CNR UNI 10009) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cm³).

Per il confezionamento dei provini gli stampi verranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo vero e proprio.

Tale eccedenza dovrà essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di cm 17,78.

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli inerti mescolandole tra loro con il cemento, e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino.

Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello UNI 25 mm allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente.

I campioni da confezionare in laboratorio dovranno essere protetti in sacchi di plastica per evitare l'evaporazione dell'acqua.

La miscela verrà costipata su 5 strati con il pestello e l'altezza di caduta di cui alla norma AASHTO modificato e 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello 51 + 0,5 mm, peso pestello 4,535 + 0,005 kg, altezza di caduta 45,7 cm).

I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 ore e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 20°C); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida.

Operando ripetutamente nel modo suddetto, con l'impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera compreso quanto eliminato per vagliatura sul crivello da 25 mm) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio.

Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante.

I provini dovranno avere resistenze a compressione a 7 giorni non minori di 25 kg/cm² e non superiori a 45 kg/cm², ed a trazione secondo la prova "brasiliiana" non inferiori a 2,5 kg/cm².

Per particolari casi e' facoltà della D.L. accettare valori di resistenza a compressione fino a 75 kg/cm² (questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di + 15%, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo).

Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densità e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

1.1.10 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti dovranno comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

La zona destinata all'ammanimento degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati; inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

1.1.11 POSA IN OPERA

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accettata dalla D.L. la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti o motograeder.

Le operazioni di addensamento dello strato dovranno essere realizzate in ordine con le seguenti attrezzature:

- Rullo a due ruote vibranti da 10.000 kg per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18.000 kg.
- Rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18.000 kg.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli misti, vibranti-gommati comunque tutti approvati dalla D.L., delle stesse caratteristiche e con gli stessi

indici di effetto costipante sopra riportato.

La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0 °C e superiori a 27 °C e mai sotto la pioggia.

Tuttavia, a discrezione della D.L., potrà essere consentita la stesa a temperature diverse.

In questo caso perciò sarà necessario proteggere da evaporazioni la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); sarà inoltre necessario provvedere ad una abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato.

Infine le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 15 °C e 20 °C ed umidità relativa del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relativa anch'essa crescente; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa all'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione della miscela.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le 2 ore per garantire la continuità della struttura. Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa, se non si fa uso della tavola sarà necessario, prima della ripresa della stesa provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale.

Non dovranno essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati.

Gli strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese

dell'Impresa.

1.1.12 PROTEZIONE SUPERFICIALE

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di almeno 0,5 kg/mq, in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto e successivo spargimento di sabbia.

1.1.13 NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI

Con esami giornalieri dovrà essere verificata la rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele.

Verrà ammessa una tolleranza di + 5 punti % fino al passante al crivello n. 5 e di + 2 punti % per il passante al setaccio 2 ed inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

A compattazione ultimata la densità in sito dovrà essere non inferiore al 97% nelle prove AASHTO modificato di cui al punto nel 98% delle misure effettuate.

Il valore del modulo di deformazione MC determinato con piastra da 0 cm 30 non inferiore a 1300 kg/mq.

La superficie finita della fondazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm verificato a mezzo di un regolo di 4 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore stabilito dovrà avere tolleranze in difetto non superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti; in caso contrario le zone con spessore in difetto, se accettate dalla D.L., saranno deprezzate del 30% oltre l'applicazione delle penali previste per la inosservanza delle prescrizioni

ARTICOLO 2

LEGANTI BITUMINOSI E LORO MODIFICANTI

2.1 LEGANTI BITUMINOSI SEMISOLIDI

I leganti bituminosi semisolidi sono quei bitumi per uso stradale costituiti da bitumi di base e bitumi modificati.

2.1.1 BITUMI DI BASE

I leganti bituminosi semisolidi sono quei bitumi per uso stradale di normale produzione (definiti di base) con le caratteristiche indicate in Tab. 2.1.1 impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi di cui all'art.3.

Detti leganti sono denominati "A" (ex 60-70) e "B" (ex 80-100).

Quei bitumi di base non rientranti nelle specifiche dei leganti "A" e "B" che seguono, potranno essere accettati dopo additivazione con prodotti modificanti (vedi art. 2.4) al fine di riportarne le caratteristiche entro i limiti di accettazione senza aggravio di costo per l'Amministrazione.

Le tabelle che seguono si riferiscono nella prima parte al prodotto di base così come viene prelevato nelle cisterne e/o negli stoccaggi.

La non rispondenza dei leganti alle caratteristiche richieste comporta l'applicazione di specifiche penalità come in seguito descritte

Per tutte le lavorazioni andrà sempre impiegato il bitume di tipo A salvo casi particolari consentiti dalla D.L. in cui potrà essere impiegato il bitume di tipo B.

TABELLA 2.1.1.

	Bitume A		Bitume B
	60/70		80/100
Caratteristiche	Unita'	Valore	Valore
. 1) Penetrazione a 25°C	1/10mm.	65-85	85-105
. 2) Punto di rammollimento	°C	48-54	47-52
. 3) Indice di penetrazione		-1/+1	-1/+1
. 4) Punto di rottura (Fraas),min	°C	-8	-9
. 5) Duttilita' a 25°C, minima	cm	90	100
. 6) Solubilita' in solventi organici,min %		99	99
. 7) Perdita per riscaldamento (volatilita') a T = 163°C, max	%	0,2	0,5
. 8) Contenuto di paraffina, max	%	2,5	2,5
.9) Viscosita' dinamica a T = 60°C Pa x s		130-200	110-190
10) Viscosita' dinamica a T = 160°C Pa x s		0,16-0,23	0,4-0,5

2.1.2. BITUMI MODIFICATI

I bitumi di base di tipo "B" potranno essere modificati in raffineria o tramite lavorazioni successive mediante l'aggiunta di polimeri (plastomeri, elastomeri e loro combinazioni) effettuata con idonei dispositivi di miscelazione al fine di ottenere migliori prestazioni dalle miscele in due modi distinti:

- in modo soft (bitume "Bs"), modifica di facile tecnologia e con le caratteristiche riportate alla tabella 2.1.3.
- in modo hard, modifiche di tecnologia complessa e con le caratteristiche riportate all'art.2.2.1.

I bitumi potranno entrambi essere impiegati nelle miscele normali (base,

binder, usura), mentre dovranno essere tassativamente impiegati i bitumi di tipo hard nelle miscele speciali (vedi art.3.2.) salvo diversa indicazione dell'Amministrazione.

I leganti bituminosi denominati (A) e (B) sono da considerarsi quei bitumi semisolidi per uso stradale utilizzati per il confezionamento dei conglomerati.

Le caratteristiche chimico fisiche dei leganti, nel caso questi ultimi non fossero in grado di fornirle, potranno essere corrette reologicamente mediante l'additivazione di prodotti chimici attivanti funzionali.

L'aggiunta di prodotti chimici correttivi non dovrà essere superiore al 6% in peso riferito al legante da correggere.

2.1.3. BITUMI CON MODIFICA "SOFT"

Legante B (Bitume di base + polimeri di varia natura (1))

.....

Bitume B+ Pol. (1)		
Caratteristiche	Unita'	Valore
1) Penetrazione a 25. C	1/10 mm	50-60
2) Punto di rammollimento	□C	60-70
3) Indice di penetrazione		0/+1,5
4) Punto di rottura (Fraas), min	□C	-12
5) Duttilita' a 25□C, minima	cm	100
6) Solubilita' in solventi organici, min.	%	99
7) Perdita per riscaldamento (volatilita' a T = 163□C,max	%	0,5
8) Viscosita' dinamica a T = 60□C	Pa x s	400-500
9) Viscosita' dinamica a T = 160□C	Pa x s	0,8-1

.....

(1) Polimeri di natura elastomerica o plastomerica (SBS – EVA – EMA – EPDM)

2.2 BITUME MODIFICATO IN MODO "HARD"

Nelle modifiche hard il contenuto di polimero riferito al peso di bitume deve essere indicativamente compreso nelle percentuali che vanno dal 6% all'8% in peso; le caratteristiche dei leganti modificati, accettati dalla Amministrazione, da impiegare per la realizzazione di conglomerati bituminosi drenanti, trattamenti superficiali a caldo (TSC), trattamenti superficiali a freddo (TSF), mano di attacco per il collegamento tra membrane sintetiche e pavimentazioni sulle opere d'arte (MA) sono riportate nelle tabelle che seguono.

Modifiche diverse verranno valutate di volta in volta dalla D.L.

2.2.1. BITUME MODIFICATO "HARD"

- BITUME "B" + 2% LDPE+6% SBS-R

Caratteristiche	Unita'	Valore
.Penetrazione a 25°C	1/10 mm	45-55
.Punto di rammollimento	°C	60-70
.Indice di penetrazione		+1/+3
.Punto di rottura (Fraas),min	C	-12
.Viscosita' dinamica a T = 80°C	Pa x s	180-450
.Viscosita' dinamica a T = 160°C	Pa x s	0,2-2

2.2.2 BITUMI MODIFICATI PER SIGILLATURE, MANI DI ATTACCO - ETC. ETC.

Caratteristiche	Unita'	Valori
. Penetrazione a 25°C	1/10 mm	45-55
. Punto di rammollimento	°C	75-85
. Indice di penetrazione		+3/+5
. Punto di rottura (Fraass), min	°C	-14
. Viscosita' dinamica a T = 60°C	Pa x s	500-600
. Viscosita' dinamica a T = 160°C	Pa x s	0,2-0,4

2.2.3. EMULSIONI BITUMINOSE CATIONICHE PER MANI DI ATTACCO

Caratteristiche	Valori
. Contenuto di bitume . (residuo per distill.),	min 55% in peso
. Viscosita' Engler a 20°C	5/10.E
. Carica delle particelle	positiva
. Penetrazione a 25°C	max 200 dmm
. Punto di rammollimento	minimo 37.C

2.3 NORMATIVE PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LEGANTI BITUMINOSI DI CUI AI PUNTI PRECEDENTI

Bitumi semisolidi

Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali	Normativa CNR - Fasc. 2/1951
Penetrazione	Normativa CNR - B.U. n.24 (29.12.71)
Punto di rammollimento	Normativa CNR - B.U. n.35 (22.11.73)
Punto di rottura	Normativa CNR - B.U. n.43 (06.06.74)
Duttilita'	Normativa CNR - B.U. n.44 (29.10.74)
Solubilita' in solv. organici	Normativa CNR - B.U. n.48 (24.02.75)
Perdita per riscaldamento	Normativa CNR - B.U. n.50 (17.03.76)
Contenuto di paraffina	Normativa CNR - B.U. n.66 (20.05.78)
Viscosita' dinamica	Normativa SN - 67.1722 a (02.1985)
Emulsioni bituminose	
Contenuto di bitume (residuo per distillazione)	Normativa CNR - B.U. n.100 (31.05.84)
Viscosita' Engler	Normativa CNR - B.U. n.102 (23.07.84)
Carica delle particelle	Normativa CNR - B.U. n.99 (29.05.84)

2.4 ATTICANTI CHIMICI FUNZIONALI.

Detti composti chimici sono da utilizzare come additivi per bitumi di tipo A e B oppure con percentuali diverse, quali rigeneranti le caratteristiche del bitume invecchiato proveniente dalla fresatura di pavimentazioni bituminose e rappresentano quei formulati studiati appositamente per migliorare la tecnologia del riciclaggio.

In particolare gli ACF devono svolgere le seguenti funzioni:

- una esergica azione quale attivanti di adesione;
- peptizzante e diluente nei confronti del bitume invecchiato ancora legato alle superfici degli elementi lapidei costituenti il conglomerato fresato;
- plastificare ad integrazione delle frazioni malteniche perse dal bitume durante la sua vita;

- disperdere al fine di ottimizzare l'omogeneizzazione del legante nel conglomerato finale;
- antiossidante in contrapposizione agli effetti ossidativi dovuti ai raggi ultravioletti ed alle condizioni termiche della pavimentazione.

Gli ACF dovranno avere le seguenti caratteristiche chimico-fisiche:

CARATTERISTICHE CHIMICO - FISICHE	
Densità a 25/25 °C (ASMT D - 1298)	0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a. (ASMT D - 92)	200 °C / 473 °K
Viscosità dinamica a 60° C/333 °K (SNV 671908/74)	0,03 - 0,05 Pa x s
Solubilità in tricloroetilene (ASTM D - 2042)	99,5% in peso
Numero di neutralizzazione (IP 213)	1,5 - 2,5 mg/KOH/g
Contenuto di acqua (ASTM D - 95)	1% in volume
Contnuto di azoto (ASTM D - 3228)	0,8 - 1% in peso

La accettazione degli ACF è subordinata a prove condotte dal Comittente.

ARTICOLO 3

CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO

3.1. CONGLOMERATI BITUMINOSI DI BASE, BINDER, USURA

3.1.1. DESCRIZIONE

Il conglomerato e' costituito da una miscela di inerti nuovi (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) impastata a caldo con bitume semisolido di cui all'art.3.1 di seguito denominato "Bitume", in impianti automatizzati.

Il conglomerato per i vari strati (base, binder, usura) e' posto in opera di norma mediante macchina vibrofinitrice e costipato.

3.1.2 BITUME

Si richiamano espressamente le norme di cui all'art. 2, i conglomerati di base, binder e usura potranno essere realizzati con bitumi di base oppure con bitumi modificati di tipo soft

3.1.3. MATERIALI INERTI

Gli inerti dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme CNR fasc. IV/1953, cap. 1 e 2.

Gli elementi litoidi non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela degli inerti e' costituita dall'insieme degli aggregati grossi e dagli aggregati fini ed eventuali additivi minerali (filler) secondo la definizione delle norme CNR art.1 del fascicolo IV/1953.

3.1.4. AGGREGATO GROSSO

L'aggregato grosso sara' costituito da inerti, ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa, purché alle prove di seguito elencate eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare rispondano ai seguenti requisiti:

3.1.4.1. Strato di base

Nella miscela di questo strato potrà essere impiegata ghiaia non frantumata nella percentuale stabilita di volta in volta dalla D.L. che comunque non potrà essere superiore al 40% in peso.

La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo le Norme B.U.CNR n° 34 del 28.3.73 dovrà essere inferiore al 25%.

3.1.4.2. Strato di collegamento (binder)

Per questo strato potranno essere impiegate graniglie ricavate totalmente dalla frantumazione delle ghiaie, con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (secondo le Norme B.U. CNR n.34 del 28.3.73) inferiore al 25%.

L'indice dei vuoti delle singole pezzature secondo le Norme B.U. CNR fasc.IV/1953 non dovrà essere inferiore a 0.70.

Il coefficiente di imbibizione, secondo le Norme B.U. CNR fasc. IV /1953 dovrà essere inferiore a 0,015.

3.1.4.3. Strato di usura

Dovranno essere impiegati esclusivamente frantumati di cava, con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (secondo le Norme B.U. CNR n.34 del 28.3.1973) inferiore al 20%.

L'indice dei vuoti delle singole pezzature secondo le norme B.U. CNR fasc. IV/1953 non dovrà essere inferiore a 0,85.

Il coefficiente di imbibizione, secondo le Norme B.U. CNR fasc.IV/1953 dovrà essere inferiore a 0,015.

Il coefficiente di levigazione accelerata (C.L.A.) dovrà essere maggiore od uguale a 0,43 (Norme B.U. CNR in corso di edizione)

3.1.4.4. Strato di usura a spessore ridotto

Dovranno essere impiegati esclusivamente frantumati di cava con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (secondo le norme B.U. CNR n.34 del 28.3.1973) inferiore al 20%.

Secondo quanto disposto dalle Norme CNR fasc. IV/1953 il coefficiente di imbibizione dovrà essere inferiore a 0,015, l'indice dei vuoti delle singole pezzature non dovrà essere inferiore a 0,90.

Il C.L.A. dovrà essere maggiore o uguale a 0,43 (Norme B.U. CNR 1993).

E' facolta' dell'Amministrazione non accettare materiali che in precedenti esperienze abbiano provocato nel conglomerato finito inconvenienti (rapidi decadimenti di coefficiente di aderenza trasversale (C.A.T.) scadente omogeneita' dell'impasto per loro insufficiente affinita' con bitume ed altro anche se rispondenti ai limiti sopraindicati.

Nel caso ove non siano presenti inerti aventi caratteristiche di rugosita' superficiale conformi alle prescrizioni di queste Norme Tecniche l'Amministrazione potra' autorizzare l'uso di altri materiali lapidei a condizione di una loro integrazione con "inerti porosi" naturali od artificiali ad elevata rugosita' superficiale (C.L.A. $\geq 0,50$)" di pezzatura 5/15 mm. in percentuali comprese tra il

20% ed il 35% (ad eccezione dell'argilla espansa che non potrà superare il 15% rispetto al peso degli inerti che compongono la miscela).

Ovvero, qualora l'Impresa reperisca altrove materiali lapidei corrispondenti alle prescrizioni delle presenti Norme Tecniche, la D.L. potrà comunque autorizzare la miscelazione di questi ultimi con inerti porosi naturali od artificiali con elevata rugosità superficiale (C.L.A. $>/ 0,50$) sino ad un massimo del 15% rispetto al peso degli inerti che compongono la miscela.

In ogni caso il risultato finale sarà valutato con prove di laboratorio e con l'impiego di apparecchiature ad alto rendimento.

Le integrazioni sopra descritte e la scelta delle zone di impiego dovranno sempre essere autorizzate dalla D.L. sulla base di preventiva presentazione alla stessa da parte dell'Impresa di uno studio della miscela.

3.1.5. AGGREGATO FINO

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito da sabbie di frantumazione e da sabbie naturali di fiume.

La percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione sarà prescritta di volta in volta dalla D.L. in relazione ai valori di stabilità e scorrimento, ricavati dalla prova Marshall, che si intendono raggiungere; comunque non dovrà essere inferiore al 70% della miscela delle sabbie.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi di fiume da cui è ricavata per frantumazione la sabbia, dovrà avere la prova "Los Angeles" (CNR B.U. n.34 del 28.3.73 - Prova C) eseguita su granulati della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

L'equivalente in sabbia determinato secondo la prova B.U. CNR n.27 (30.3.1972) dovrà essere superiore od uguale al 70%.

3.1.6. ADDITIVI

Gli additivi minerali (filler) provenienti dalla macinazione di rocce

preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova CNR B.U. 23/71 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

Setaccio ASTM n.30	Passante in peso a secco	100%
" " n.100	" " " " "	90%
" " n.200	" " " " "	65%

- piu' del 50% della quantita' di additivo minerale passante per via umida al setaccio n. 200, deve passare a tale setaccio anche a secco.

Nel caso di impiego di ceneri volanti queste non dovranno superare il 40% del passante totale al setaccio ASTM n.200.

3.1.7. MISCELE

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso totale degli inerti, compresa tra i sottoindicati intervalli per i diversi tipi di conglomerato.

Composizioni granulometriche indicative (fusi da usare come limiti nelle curve di progetto).

3.1.7.1. Base

Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale in peso %
crivello 30	100
" 25	70-95
" 15	45-70
" 10	35-60
" 5	25-50
setaccio 2	18-38
" 0,4	6-20
" 0,18	4-14
" 0,075	4-8

Bitume 4% - 5% del tipo "A" o "B" descritto nell'art.2.

Per strati di spessore compreso non superiore a 10 cm dovranno essere adottate composizioni granulometriche prossime alla curva limite superiore.

3.1.7.2. Binder

Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale in peso %
crivello 25	100
" 15	65-100
" 10	50-80
" 5	30-60
setaccio 2	20-45
" 0,4	7-25
" 0,18	5-15
" 0,075	4-8

Bitume 5% - 6% del tipo "A" o "B" descritto nell'art.2.0

3.1.7.3. Usura (cm3-5) A - Usura spessore ridotto (cm 2-3-) B

Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale in peso %	
	A	B
crivello 15		100
" 10	70-90	100
" 5	40-60	70-90
setaccio 2	25-38	40-70
" 0,4	11-20	20-38
" 0,18	8-15	8-20
" 0,075	6-10	6-10

Bitume 6%-7% tipo "A" o "B" descritto nell'art.2.

3.1.8. REQUISITI DI ACCETTAZIONE

I conglomerati dovranno avere ciascuno i requisiti descritti nei punti a cui si riferiscono.

3.1.8.1. Per lo strato di base

Elevata resistenza meccanica cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli e sufficiente flessibilità per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque eventuale assestamento del sottofondo anche a lunga scadenza; il valore della stabilità Marshall (CNR B.U. n.30 del 15.3.73) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, dovrà risultare non inferiore a 800 kg; inoltre il valore della rigidità Marshall cioè il rapporto tra la stabilità misurata in kg e lo scorrimento misurato in mm. dovrà essere superiore a 250.

Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra il 4% ed il 7% (CNR B.U. n.39 del 23.3.73).

3.1.8.2. Per lo strato di collegamento

Elevata resistenza meccanica cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli.

La stabilità Marshall (CNR B.U. n.30 del 15.3.73) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per ogni faccia, dovrà risultare in ogni caso superiore a 1.000 kg; inoltre il valore della rigidità Marshall cioè il rapporto tra la stabilità misurata in kg e lo scorrimento misurato in mm dovrà essere compreso tra 300 e 450.

Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra il 3% ed il 6%

(CNR B.U. n.39 del 23.3.73).

3.1.8.3. Per lo strato di usura e strato di usura a spessore ridotto

Elevata resistenza meccanica e rugosità superficiale.

Il valore della stabilità Marshall (CNR B.U. n.30 del 15.3.73) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per ogni faccia, dovrà risultare in tutti i casi di almeno 1100 kg; inoltre il valore della rigidità Marshall cioè il rapporto tra la stabilità misurata in kg e lo scorrimento misurato in mm dovrà essere in ogni caso compreso tra 300 e 450.

Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra il 4% ed il 6% (CNR B.U., n.39 del 23.3.73).

Inoltre la D.L. si riserva la facoltà di controllare la miscela di usura tramite la determinazione della resistenza a trazione indiretta e della relativa deformazione a rottura "Prova Brasiliana" (vedi norma interna della Committente allegata).

I limiti di capitolato dovranno essere pari a :

	TEMPERATURA DI PROVA "°C"		
	10°C	25°C	40°C
Resistenza a trazione indiretta (N/mm ²)	1.7-2.2	0.7-1.1	0.3-0.6
Coefficiente di trazione indiretta (N/mm ²)	≥170	≥70	≥30

La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente determinato (CNR B.U. N.121 del 24.08.1987).

I provini per le misure di stabilità e rigidità anzidette, dovranno essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa.

Il fuso tipo "A" dovrà comprendere le curve per tappeti di usura dello spessore compreso tra i 3 ed i 5 cm; qualora si rendesse necessario realizzare uno spessore superiore la curva di progetto dovrà essere concordata con la D.L..

Nelle zone con condizioni di forte traffico, potranno essere progettate e realizzate su indicazione della D.L. curve granulometriche di "tipo spezzata", utilizzando un fuso simile a quello riportato al punto 3.1.7.3 con l'obbligo che la percentuale di inerti compresa fra il passante al crivello 5 mm UNI ed il trattenuto al setaccio 2 mm UNI sia pari al 10% + 2% in peso.

Inoltre in deroga a quanto descritto al punto 3.1.5. la percentuale della sabbia proveniente da frantumazione, rispetto a quella naturale di fiume, non dovrà mai essere inferiore al 90% della miscela delle due sabbie.

In condizioni di clima asciutto e caldo prevalenti si dovranno usare preferibilmente curve prossime al limite inferiore.

3.1.8.4. Controllo dei requisiti di accettazione

L'Impresa ha l'obbligo di fare eseguire prove sperimentali sui campioni di aggregato o di legante per la relativa accettazione.

L'Impresa e' poi tenuta a presentare con congruo anticipo, rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali l'Impresa ha ricavato la ricetta ottimale.

Una volta accettata dalla D.L. la composizione granulometrica della curva di progetto proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

Non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di + 5% per lo strato di base di + 3% per gli strati di binder ed usura.

Per gli strati di base, binder ed usura non saranno ammesse variazioni del

contenuto di sabbia (per sabbia si intende il passante al setaccio mm UNI) di + 2%; per il passante al setaccio 0,075 mm UNI di + 1,5%.

Per la percentuale di bitume non sarà tollerato uno scostamento da quella di progetto di + 0,25%.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Per forniture significative ed a giudizio della D.L. dovranno essere effettuati:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli inerti, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore;
- la verifica delle caratteristiche del conglomerato finito (peso di volume e percentuale di vuoti ecc.);
- la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato e precisamente: peso di volume (B.U. CNR n.40 del 30.3.1973), media di tre prove; percentuale di vuoti (B.U. CNR n.39 del 23.3.1973), media di tre prove; stabilità e rigidità Marshall.

Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dell'essicatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

In particolare la verifica delle caratteristiche del bitume dovrà essere fatta con prelievi a norma CNR sulle cisterne di stoccaggio dell'impianto; all'atto del prelievo sul campione verrà indicata la quantità Q (in kg) della fornitura a cui il prelievo si riferisce.

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la D.L. effettuerà a sua discrezione tutte le verifiche, prove e controlli atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

3.1.8.5 Formazione e confezione delle miscele

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto.

La D.L. potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della mescolazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata all'ammannimento degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di mescolazione sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 160° e 180° C e quella del legante tra 150° e 180° C salvo diverse disposizioni della D.L. in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente

funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà superare lo 0,5% in peso.

3.1.8.6. Attivanti l'adesione

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati potranno essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi di adesività').

Esse saranno impiegate sempre negli strati di base e di collegamento mentre per quello di usura lo saranno ad esclusivo giudizio della D.L.

Il dosaggio potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, tra il 3‰ (tre per mille) ed il 6‰ (sei per mille) rispetto al peso del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benestare della D.L..

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantire la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio nel legante bituminoso.

3.1.8.7 Posa in opera

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla D.L. in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due finitrici.

Qualora cio' non sia possibile il bordo della striscia gia' realizzata dovra' essere spalmato con emulsione bituminosa acida al 55% in peso per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risultera' danneggiato o arrotondato si dovra' procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sara' programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno cm 20 e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovra' avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovra' risultare in ogni momento non inferiore a 140°C.

La stesa dei conglomerati dovra' essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati dovra' iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento dovra' essere realizzato solo con rulli gommati di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densita' ottenibili.

Potra' essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10.000 kg per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.

Per lo strato di base a discrezione della D.L. potranno essere utilizzati rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati.

Al termine della compattazione gli strati di binder e usura dovranno avere

una densita' uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 97% di quella Marshall dallo stesso periodo di lavorazione riscontrata nei controlli sul materiale prima della stesa.

Per lo strato di base si dovranno raggiungere densita' superiori al 98%.

Si avra' cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia piu' adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati dovra' presentarsi priva di irregolarita' ed ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovra' aderirvi uniformemente; sara' tollerato uno scostamento di 5 mm.

Inoltre l'accettazione della regolarita' e delle altre caratteristiche superficiali del piano finito avverra' secondo quanto prescritto nell'art.10.

Per lo strato di base la miscela bituminosa verra' stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla D.L. la corrispondenza di questa ultima ai requisiti di quota, sagoma, densita' e portanza.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato per garantirne l'ancoraggio dovra' essere rimossa la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione bituminosa acida al 55% stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

Procedendo la stesa in doppio strato i due strati dovranno essere sovrapposti nel piu' breve tempo possibile; tra di essi dovra' essere eventualmente interposta una mano d'attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,5 - 0,8 kg mq.

Inoltre i moduli elastici effettivi del materiale costituente uno strato, ricavati sulla base di misure di deflessione ottenute con prove dinamiche tipo FWD effettuate anche a pavimentazione completata, dovranno avere un valore medio misurato in un periodo di tempo variabile tra 3 giorni e 90 giorni dal termine della lavorazione, compreso tra 65.000 e 96.000 kg/cmq alla temperatura di riferimento del conglomerato di 20°C.

3.2. CONGLOMERATO BITUMINOSO DRENANTE PER STRATI DI USURA

Il conglomerato bituminoso per usura drenante e' costituito da una miscela di pietrischetti frantumati, sabbie ed eventuale additivo impastato a caldo con bitume modificato.

Questo conglomerato dovra' essere impiegato prevalentemente con le seguenti finalita':

- favorire l'aderenza in caso di pioggia eliminando il velo d'acqua superficiale soprattutto nelle zone con ridotta pendenza di smaltimento
- abbattimento del rumore di rotolamento (elevata fonoassorbenza)

3.2.1. AGGREGATI

Gli aggregati dovranno rispondere ai requisiti elencati all'art.3.1.4. con le seguenti eccezioni:

- coefficiente di levigabilita' accelerata C.L.A. uguale o maggiore a 0,44
- perdita in peso alla prova Los Angeles (CNR B.U. n.34 del 28.3.73) non superiore al 20% in peso.
- la percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione sara' prescritta, di volta in volta, dalla D.L. in relazione ai valori di stabilita' e scorrimento della prova Marshall che si intendono raggiungere, ma comunque non dovra' essere inferiore all'80% della miscela delle sabbie.
- l'equivalente in sabbia, della miscela delle sabbie, determinato secondo la prova (CNR B.U. n.27 del 30.3.1972), dovra' essere uguale o superiore a 70.

3.2.2. MISCELA

La miscela dovra' avere una composizione granulometrica compresa nel seguente fuso.

Crivelli e setacci UNI

Crivello 15	100
" 10	85-100
" 5	10-25
Setaccio 2	0-12
" 0,4	0-10
" 0,18	0-8
" 0,075	0-6

La D.L. al fine di verificare l'elevata fonoassorbenza, si riserva la facolta' di controllare la miscela applicando il metodo ad onde stazionarie con l'attrezzatura standard definita "tubo di Kundt" su carote prelevate in situ delle dimensioni di 100 mq.

Il tenore di bitume (del tipo hard art.2.2.1.) dovra' essere compreso tra il 4,5,% ed il 5,5,% riferito al peso totale degli aggregati.

Il conglomerato dovra' avere i seguenti requisiti:

- il valore della stabilita' Marshall, prova (CNR n.30 del 15.3.73) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, dovra' risultare non inferiore a 600 kg.
- Il valore della rigidezza Marshall cioe' il rapporto tra la stabilita' Marshall misurata in kg e lo scorrimento misurato in mm, dovra' essere superiore a 300.
- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilita' Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui (CNR B.U. n.39 del 23.3.73) nei limiti indicati compresi tra il 16 ed il 20%.

Inoltre la D.L. si riserva la facolta' di controllare la miscela di usura drenante tramite la determinazione della resistenza a trazione indiretta e della relativa deformazione a rottura prova "Brasiliana" (vedi norma interna della Committente).

I limiti del Capitolato dovranno essere compresi nei valori riportati nella seguente tabella:

	TEMPERATURA DI PROVA		
	10°C	25°C	40°C
Resistenza a trazione indiretta (N/mm ²)	0.70-1.10	0.25-0.42	0.12-0.20
Coefficiente di trazione indiretta (N/mm ²)	≥55	≥22	≥12

3.2.3. REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Valgono le stesse prescrizioni indicate all'art.3.1.8.3 ad eccezione della percentuale di vuoti che dovrà essere compresa tra il 16% ed il 21% tale da soddisfare i requisiti indicati all'art. 3.2.3.2

3.2.3.1. Confezione della miscela

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali (Art. 3.1.7), inoltre il tempo minimo di miscelazione effettiva, non dovrà essere inferiore a 25 secondi.

3.2.3.2. Posa in opera della miscela

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali (art. 3.1.8.7), ad eccezione della temperatura di costipamento che dovrà essere compresa tra i 40°C e 150°C.

Al termine della compattazione lo strato di usura drenante dovrà avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 96% di quella Marshall rilevata all'impianto o alla stesa; tale valutazione sarà eseguita sulla produzione secondo norme (CNR B.U. n.40 del 30.3.73), e sarà determinata su apposite carote.

Il coefficiente di permeabilità a carico costante (kv in cm/s) determinato in laboratorio su carote del diametro 200 mm prelevate in sito dovrà essere maggiore o uguale a 15×10^{-2} cm/s (media aritmetica su tre determinazioni).

La capacità drenante eseguita in sito e misurata con permeometro a

colonna d'acqua di mm 250 su un'area di 154 cmq e uno spessore di pavimentazione tra 4 e 5 cm dovrà essere maggiore di 10 dmc al minuto.

Il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale prima di provvedere alla stesa di una uniforme mano di attacco, confezionata con bitumi tipo soft (art.2.1.2.), nella quantità compresa tra 0,600 e 1,500 kg/mq (secondo le indicazioni della D.L.); potrà essere anche richiesta la preventiva stesa di un tappeto sottile di risagomatura ed impermeabilizzazione del supporto, per consentire il perfetto smaltimento delle acque.

La D.L. indicherà di volta in volta la composizione di queste miscele fini.

Dovrà altresì essere curato lo smaltimento laterale delle acque che percolano all'interno dell'usura drenante.

3.3 MICROTAPPETI A FREDDO TIPO "SLURRY - SEAL" (MACRO-SEAL)

3.3.1. Descrizione

Il microtappeto tipo "slurry-seal" è costituito dall'applicazione di un sottile strato di malta bituminosa impermeabile irruvidita.

La malta è formata da una miscela di inerti particolarmente selezionati, impastati a freddo con una speciale emulsione bituminosa elastomerizzata.

La miscelazione e la stesa sono effettuate con una apposita macchina semovente ed il trattamento, che normalmente non richiede rullatura, può essere aperto al traffico quasi immediatamente.

3.3.2. INERTI

Gli inerti, costituiti da una miscela di graniglia, sabbia e filler, con granulometria ben graduata e continua, devono soddisfare particolari requisiti di pulizia, poliedricità, resistenza meccanica, all'abrasione ed al levigamento. Per l'aggregato grosso dovranno essere impiegati esclusivamente inerti frantumati di

cava, con perdita in peso alla prova Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature (CNR B.U. n.34/73), minore del 18% e non superiore al 16% per la massima pezzatura; inoltre il coefficiente di levigabilità accelerata C.L.A. determinato su tali pezzature dovrà essere uguale o maggiore di 0,45 (CNR B.U. in corso di edizione).

L'aggregato fino sarà composto da sabbia di frantumazione.

La percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione non dovrà comunque essere inferiore all'85% della miscela delle sabbie.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi da cui è ricavata per frantumazione la sabbia dovrà avere alla prova Los Angeles, (CNR B.U. n.34/73 - Classe "C") eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

L'equivalente in sabbia determinato sulla sabbia o sulla miscela delle due dovrà essere maggiore od uguale all'80% (CNR B.U. n.27/72)

3.3.3. ADDITIVI

Gli additivi minerali (filler) provenienti dalle sabbie descritte al punto 3.1.5. potranno essere integrati con filler di apporto (normalmente cemento Portland 325); gli additivi impiegati dovranno soddisfare i requisiti richiesti al precedente punto 3.1.6.

3.3.4. MISCELE

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica compresa nei fusi di seguito elencati in funzione dello spessore finale richiesto:

Spessore minimo	9 mm	6 mm	4 mm
Crivelli e Setacci UNI			
15 Passante %		100	
10 " %	85-100	100	100
5 " %	55-75	70-90	85-100
2 " %	36-50	39-63	58-83
. 0,4 " %	14-28	14-28	22-36
0,18 " %	8-19	8-19	11-22
. 0,075 " %	4-10	5-15	6-10

Miscele con spessori finali diversi dovranno essere concordate di volta in volta con la D.L.

3.3.5. MALTA BITUMINOSA

Il legante bituminoso sara' costituito da una emulsione bituminosa al 60% di tipo elastico a rottura controllata, modificata con elastomeri sintetici incorporati in fase continua (acqua) prima dell'emulsione.

Per la realizzazione dell'emulsione si dovra' esclusivamente impiegare bitume di tipo "B" (ex 80-100).

L'impiego di altri tipi di bitumi potra' essere autorizzato esclusivamente dalla D.L.

I requisiti richiesti dal bitume elastomerizzato (residuo della distillazione) dovranno essere i seguenti:

- Penetrazione a 25°C	dmm	50/65	(CNR B.U. 24)
- Punto di rammollimento	°C	63	(CNR B.U. 35)
- Indice di penetrazione		+ 1,5 - +2,5	(UNI 4163)

- Punto di rottura Fraas min. □C -18 (CNR B.U. 43)

Dovranno essere impiegati dopo (additivi chimici) complessi per facilitare l'adesione tra il legante bituminoso e gli inerti, per intervenire sul tempo di rottura dell'emulsione e per permettere la perfetta miscelazione dei componenti della miscela.

Il loro dosaggio, ottimizzato con uno studio di laboratorio, sarà in funzione delle condizioni esistenti al momento dell'applicazione e specialmente in relazione alla temperatura ambiente e del piano di posa.

3.4 COMPOSIZIONE E DOSAGGI DELLA MISCELA

La malta bituminosa dovrà avere i seguenti requisiti:

. Spessore minimo	mm	9	6	4
. Dosaggio della malta	kg/mq.	15-25	10-15	7-12
. Dimensioni max inerti	mm	10-13	7-9	5-6
. Contenuto di bitume elastomerizzato residuo				
. % in peso sugli inerti	%	5,5-7,5	6,5-12	7,5-13,5

3.4.1 ACQUA

L'acqua utilizzata nella preparazione della malta bituminosa a freddo dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche.

3.4.2 CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA

Il confezionamento dell'impasto sarà realizzato con apposita macchina impastatrice-stenditrice semovente costituita essenzialmente da:

- Serbatoio dell'emulsione bituminosa
- Tramoggia degli aggregati lapidei

- Tramoggia del filler
- Dosatore degli aggregati lapidei
- Nastro trasportatore
- Spruzzatore dell'emulsione bituminosa
- Spruzzatore dell'acqua
- Mescolatore
- Stenditore a carter

Le operazioni di produzione e stesa devono avvenire in modo continuo, connesso alla velocità di avanzamento della motrice, nelle seguenti fasi:

- ingresso della miscela di aggregati e del filler nel mescolatore
- aggiunta dell'acqua di impasto e dell'additivo
- miscelazione ed omogeneizzazione della miscela di inerti e del suo grado di umidità
- aggiunta dell'emulsione bituminosa
- miscelazione ed omogeneizzazione dell'impasto
- colamento dell'impasto nello stenditore a carter
- distribuzione dell'impasto nello stenditore, stesa e livellamento.

Prima di iniziare la stesa del microtappeto si dovrà procedere ad una energica pulizia della superficie stradale oggetto del trattamento, manualmente o a mezzo di mezzi meccanici: tutti i detriti e le polveri dovranno essere allontanati.

In alcuni casi a giudizio della D.L. dovrà procedersi ad una omogenea umidificazione della superficie stradale prima dell'inizio delle operazioni di stesa.

In particolari situazioni la D.L. potrà ordinare, prima dell'apertura al traffico, una leggera saturazione dello "Slurry -seal" a mezzo di stesa di sabbia di frantoio (da 0,5 a 1 kg di sabbia per 1 mq di pavimentazione) ed eventualmente una modesta compattazione da eseguirsi con rulli in seguito specificati.

Al termine delle operazioni di stesa lo "Slurry-seal" dovrà presentare un aspetto regolare ed uniforme esente da imperfezioni (sbavature, strappi, giunti di ripresa), una notevolissima scabrosità superficiale, una regolare distribuzione degli elementi litoidi componenti la miscela, assolutamente nessun fenomeno di rifluimento del legante.

In zone con sollecitazioni superficiali trasversali forti (curve ecc.) e'

opportuno che la malta bituminosa venga leggermente rullata prima dell'indurimento.

La rullatura dovrà essere effettuata con apposito rullo gommato leggero e a simulazione del traffico veicolare munito anche di piastra di riscaldamento per favorire l'evaporazione dell'acqua contenuta nella miscela stessa.

La produzione o la posa in opera dello "Slurry-seal dovrà essere interrotta con temperatura dell'aria inferiore ai 5°C ed in caso di pioggia.

3.5 PENALITA'

La mancata rispondenza dei materiali bituminosi nel loro complesso, dei singoli componenti gli impasti, ovvero della formazione e confezionamento delle miscele e della loro posa in opera ai requisiti in precedenza definiti comporterà, qualora il materiale venga accettato (ad insindacabile giudizio della D.L.), una riduzione del 30% (trenta per cento) dei relativi prezzi contrattuali oltre all'applicazione delle sanzioni previste nel Capitolato Particolare d'Appalto.

3.5.1 Miscele per pavimentazioni speciali, non previste nelle presenti norme

Il Capitolato Particolare d'appalto (o lo Schema di contratto) di un'opera potranno provvedere l'utilizzo di miscele per pavimentazioni speciali non descritte nelle presenti norme, in ogni caso i singoli componenti la miscela, qualora in queste norme descritti, dovranno corrispondere ai valori e requisiti di accettazione indicati pena l'applicazione delle sopradescritte penalità'.

Per le miscele e per componenti delle stesse non contemplate nelle presenti norme i requisiti di accettazione e relative penalità' dovranno essere fissati nel relativo Capitolato Particolare d'Appalto (o Schema di contratto)

ARTICOLO 4

DEMOLIZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI

4.1 DEMOLIZIONE PAVIMENTAZIONE TOTALE O PARZIALE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO REALIZZATA CON FRESE

La demolizione della parte della sovrastruttura legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Le attrezzature tutte dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla D.L.; dovranno inoltre avere caratteristiche tali che il materiale risultante dall'azione di scarifica qualora rimanga di proprietà della Città risulti idoneo per il suo eventuale reimpiego.

La superficie del cavo (nel caso di demolizioni parziali del pacchetto) dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possono compromettere l'aderenza e l'attacco dei nuovi tappeti da passare in opera.

L'impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione indicati dalla D.L..

Qualora questi dovessero risultare inadeguati a contingenti situazioni in essere e comunque diversi per difetto o per eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediata comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica.

Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere mantenuto costante in tutti i punti e sarà valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale del cavo.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o sub-corticali dovrà essere eseguita con attrezzature approvate dalla D.L. munite di spazzole e dispositivi aspiranti, in grado di dare un piano depolverizzato, perfettamente pulito.

La non idonea pulizia delle superfici potrà provocare una penalizzazione sul prezzo di elenco del 15%.

Se la demolizione dello strato legato a bitume interessa uno spessore inferiore ai 10 cm potrà essere effettuata con un solo passaggio di fresa, mentre per spessori superiori a 10 cm si dovranno effettuare due passaggi di cui il primo pari ad 1/3 dello spessore totale avendo cura di formare un gradino tra il primo ed il secondo strato demolito di almeno 10 cm di base per lato.

Le pareti dei giunti longitudinali dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e prive di sgretolature.

Sia la superficie risultante dalla fresatura che le pareti del cavo dovranno, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente pulite, asciutte e uniformemente rivestite dalla mano di attacco di legante bituminoso tal quale o modificato.

4.2. DEMOLIZIONE DELL'INTERA SOVRASTRUTTURA REALIZZATA CON SISTEMI TRADIZIONALI

La demolizione della intera sovrastruttura può anche essere effettuata con impiego di attrezzature tradizionali quali escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori ecc. a discrezione della D.L. ed a suo insindacabile giudizio.

Le pareti verticali dello scavo dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sulla parte di pavimentazione da non demolire dovranno essere riparati a cura e spese dell'Impresa.

L'Impresa è inoltre tenuta a regolarizzare e compattare il piano di posa della pavimentazione demolita.

UNITA' DI MISURA SECONDO IL SISTEMA INTERNAZIONALE (SI)

I valori corrispondenti alle unità di misura riportati nelle Norme – Tecniche possono essere convertiti nel sistema internazionale SAI (Norma CNR – UNI 10003-74) mediante la seguente tabella:

GRANDEZZA	UNITA' DI MISURA	SIMBOLI
Lunghezza	metro	m
Massa	kilogrammo	Kg
Forza	newton	N
Pressione, Tensione	pascal	Pa
Energia	joule	J
Potenza	watt	W
Temperatura	gradi kelvin	K

FATTORI DI CONVERSIONE

Forza		Pressione, Tensione	
1 N	=0,10197 Kgf	1 Pa (N/mq)	=0,1 mbar
	=0,22481 lbf		=0,000145 lbf/inq
1 KN	=1000N	1 Kpa (KN/mq)	=0,01 Kgf/cm ²
	=101,971 Kgf		=10 mbar
1Kgf	=9,80665 N	1 Mpa	=10,2 Kgf/cm ²
	=2,20462 lbf		
Massa			
1 Kg	=0,01969		
	=2,20462 lb		
1 g	=0,03527 oz		
1 t	=1000 Kg	1 bar	=100KPa
	=0,98420 ton (inglesi)		=14,5038 lbf/inq
1 cwt	=50,8023 Kg	1 nbar	=100 Pa
Capacità, Volume			
1 mc	=1,30795 ydc	1 mm Hg (torr)	=133,322 Pa
1 dmc (litro)	=0,353 ftc		
		1 mm H ₂ O	=9,80665 Pa
Densità			
		1 Kg/mc	=1,686 lb/ydc
1 cmc (ml)	=0,06102 inc	1 g/cmc	=62,4280 lb/ftc
	=0,0352 fl oz		
Temperatura			
0° C	=273 K		

INDICE

1	<u>FONDAZIONI</u>	PAG. 1
1.1	FONDAZIONE O SOTTOFONDAZIONE STRADALE IN MISTO GRANULARE DI CAVA O DI FIUME NON LEGATO	PAG. 1
1.1.1	DESCRIZIONE	PAG1
1.1.2	CARATTERISTICHE DI MATERIALI DA IMPIEGARE	PAG. 1
1.1.3	STUDIO PRELIMINARE	PAG. 3
1.1.4	MODALITA' ESECUTIVE	PAG. 3
1.1.5	FONDAZIONE IN MISTO STABILIZZATO A CEMENTO CONFEZIONATO IN CENTRALE	PAG. 4
1.1.5.1	DESCRIZIONE	PAG. 4
1.1.6	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	PAG. 5
1.1.6.1	INERTI	PAG. 5
1.1.7	LEGANTE	PAG. 6
1.1.8	ACQUA	PAG. 6
1.1.9	STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO	PAG. 6
1.1.10	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE	PAG. 8
1.1.11	POSA IN OPERA	PAG. 8

1.1.12	PROTEZIONE SUPERFICIALE	PAG. 10
1.1.13	NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI	PAG. 10
2	<u>LEGANTI BITUMINOSI E LORO MODIFICANTI</u>	PAG. 11
2.1	LEGANTI BITUMINOSI SEMISOLIDI	PAG. 11
2.1.1	BITUMI DI BASE	PAG. 11
2.1.2	BITUMI MODIFICATI	PAG. 12
2.1.3	BITUMI “BS” CON MODIFICA “SOFT”	PAG. 13
2.2	BITUME MODIFICATO IN MODO “HARD”	PAG. 14
2.2.1	BITUME MODIFICATO “HARD”	PAG. 14
2.2.2	BITUMI MODIFICATI PER SIGILLATURE, MANI DI ATTACCO	PAG. 14
2.2.3	EMULSIONI BITUMINOSE CATIONICHE PER MANI DI ATTACCO	PAG. 15
2.3	NORMATIVE PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTE – RISTICHE DEI LEGANTI BITUMINOSI	PAG. 15
3	<u>CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO</u>	PAG. 16
3.1	CONGLOMERATI BITUMINOSI DI BASE, BINDER, USURA	PAG. 17
3.1.1	DESCRIZIONE	PAG. 17
3.1.2	BITUME	PAG. 17
3.1.3	MATERIALI INERTI	PAG. 17

3.1.4	AGGREGATO GROSSO	PAG. 18
3.1.4.1	STRATO DI BASE	PAG. 18
3.1.4.2	STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)	PAG. 18
3.1.4.3	STRATO DI USURA	PAG. 19
3.1.4.4	STRATO DI USURA A SPESSORE RIDOTTO	PAG. 19
3.1.5	AGGREGATO FINO	PAG. 20
3.1.6	ADDITIVI	PAG. 21
3.1.7	MISCELE	PAG. 21
3.1.7.1	BASE	PAG. 21
3.1.7.2	BINDER	PAG. 22
3.1.7.3	USURA	PAG. 22
3.1.8	REQUISITI DI ACCETTAZIONE	PAG. 23
3.1.8.1	PER LO STRATO DI BASE	PAG. 23
3.1.8.2	PER LO STRATO DI COLLEGAMENTO	PAG. 23
3.1.8.3	PER LO STRATO DI USURA E STRATO DI USURA A SPESSORE RIDOTTO	PAG. 24
3.1.8.4	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE	PAG. 25
3.1.8.5	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE	PAG. 27
3.1.8.6	ATTIVANTI L'ADESIONE	PAG. 28
3.1.8.7	POSA IN OPERA	PAG. 28

3.2	CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI USURA	PAG. 31
3.2.1	AGGREGATI	PAG. 31
3.2.2	MISCELA	PAG. 32
3.2.3	REQUISITI DI ACCETTAZIONE	PAG. 33
3.2.3.1	CONFEZIONE DELLA MISCELA	PAG. 33
3.2.3.2	POSA IN OPERA DELLA MISCELA	PAG. 33
3.3	MICROTAPPETI A FREDDO TIPO “SLURRY – SEAL” (MACRO-SEAL)	PAG. 34
3.3.1	DESCRIZIONE	PAG. 34
3.3.2	INERTI	PAG. 34
3.3.3	ADDITIVI	PAG. 34
3.3.4	MISCELE	PAG. 33
3.3.5	MALTA BITUMINOSA	PAG. 36
3.4.	COMPOSIZIONE E DOSAGGI DELLA MISCELA	PAG. 37
3.4.1	ACQUA	PAG. 37
3.4.2	CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA	PAG. 37
3.5	PENALITA'	PAG. 38
3.5.1	MISCELE PER PAVIMENTAZIONI SPECIALI, NON PREVISTE NELLE PRESENTI NORME	PAG. 39

4	<u>DEMOLIZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI</u>	PAG. 40
4.1	DEMOLIZIONE PAVIMENTAZIONE TOTALE O PARZIALE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO REALIZZATA CON FRESE	PAG. 40
4.2	DEMOLIZIONE DELL'INTERA SOVRASTRUTTURA REALIZZATA CON SISTEMI TRADIZIONALI	PAG. 41

TABELLE

UNITA' DI MISURA SECONDO IL SISTEMA INTERNAZIONALE (SI)	PAG. 42
FATTORI DI CONVERSIONE	PAG. 43



CITTA' DI TORINO

DIPARTIMENTO GRANDI OPERE, INFRASTRUTTURE E MOBILITA'
DIVISIONE INFRASTRUTTURE
SERVIZIO SUOLO E PARCHEGGI

PROGETTO ESECUTIVO

LAVORI DI ORDINARIA MANUTENZIONE SULLE PAVIMENTAZIONI DELLE STRADE, MARCIAPIEDI E PIAZZE DELLA CITTA' PER L'ANNO 2023



CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

*Il Responsabile Del Procedimento
arch. Paola De Filippi*

*Il Coordinatore Del Progetto
ing. Michele Gizzo*

Torino, marzo 2023

INDICE

PARTE I - DISPOSIZIONI GENERALI

PREMESSA

- Articolo 1. Capitolato Speciale d'Appalto.
- Articolo 2. Ammontare dell'appalto.
- Articolo 3. Corrispettivo.
- Articolo 4. Domicilio dell'Appaltatore.
- Articolo 5. Indicazione del luogo dei pagamenti e delle persone che possono riscuotere.
- Articolo 6. Direttore di cantiere.
- Articolo 7. Attività preliminari del Direttore dei lavori e termini per l'inizio e l'ultimazione dei lavori.
- Articolo 8. Programma di esecuzione dei lavori.
- Articolo 9. Penali.
- Articolo 10. Sospensione e ripresa dei lavori. Proroghe.
- Articolo 11. Oneri a carico dell'Appaltatore.
- Articolo 12. Proprietà dei materiali di demolizione.
- Articolo 13. Contabilizzazione dei lavori.
- Articolo 14. Valutazione dei lavori in corso d'opera.
- Articolo 15. Anticipazioni dell'Appaltatore.
- Articolo 16. Modifiche al progetto e al corrispettivo.
- Articolo 17. Modalità di liquidazione dei corrispettivi.
- Articolo 18. Materiali e difetti di costruzione.
- Articolo 19. Controlli e verifiche.
- Articolo 20. Conto finale dei lavori.
- Articolo 21. Lavori annuali estesi a più esercizi.
- Articolo 22. Regolare esecuzione o collaudo.
- Articolo 23. Risoluzione del contratto e recesso.
- Articolo 24. Riserve, accordi bonari e contestazioni.
- Articolo 25. Sicurezza e salute dei lavoratori nel cantiere.
- Articolo 26. Subappalti e subcontratti.
- Articolo 27. Cessione del contratto e del corrispettivo d'appalto.
- Articolo 28. Polizza fidejussoria a titolo di garanzia definitiva.
- Articolo 29. Danni di esecuzione e responsabilità civile verso terzi.
- Articolo 30. Danni cagionati da forza maggiore.
- Articolo 31. Documentazioni da produrre.
- Articolo 32. Richiamo alle norme legislative e regolamentari.

PARTE II - DISPOSIZIONI SPECIALI

- Articolo 33. Oggetto dell'appalto
- Articolo 34. Liquidazione delle opere
- Articolo 35. Descrizione delle opere
- Articolo 36. Gruppi omogenei di lavorazioni

PARTE III – DISPOSIZIONI TECNICHE

- Articolo 37. Prescrizioni tecniche materiali e modalita' di esecuzione delle opere
- Articolo 38. Conoscenza delle condizioni di appalto. Essenzialita' delle clausole
- Articolo 39. Norme antinfortunistiche e richiami in materia di sicurezza dei lavoratori
- Articolo 40. Richiami alle normativa vigente e subappalti
- Articolo 41. Prelevamento campioni
- Articolo 42. Obblighi ed oneri dell'appaltatore
- Articolo 43. Ordine da tenersi nell'andamento dei lavori
- Articolo 44. Disposizioni generali relative ai prezzi dei lavori a misura e delle somministrazioni per opere in economia
- Articolo 45. Misurazione e valutazione delle opere
- Articolo 46. Descrizione dei nuovi prezzi unitari

PARTE I - DISPOSIZIONI GENERALI

PREMESSA

Nel seguito si intende:

CODICE: D.LGS. 18 aprile 2016 n. 50 e s.m.i. – “Codice dei contratti pubblici” così come modificato dalla Legge n. 120 dell'11.09.2020 e dalla Legge n. 108 del 29.07.2021.

REG. DL: Decreto M.I.T. del 7 marzo 2018, n. 49 “Regolamento recante: Approvazione delle linee guida sulle modalità di svolgimento delle funzioni del direttore dei lavori e del direttore dell'esecuzione”.

RG: D.P.R. 05/10/2010 n. 207 “Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”, per le parti non espressamente abrogate dal Codice.

CG: D.M. 19/04/2000 n. 145 “Regolamento recante il Capitolato Generale di appalto dei lavori pubblici”, per quanto non abrogato dal Regolamento.

Articolo 1. Capitolato Speciale d'Appalto.

1. L'appalto viene affidato ed accettato sotto l'osservanza piena, assoluta, inderogabile e inscindibile delle norme, condizioni, patti, obblighi, oneri e modalità dedotti e risultanti dal contratto d'appalto, dal presente atto integrante il progetto, nonché delle previsioni delle tavole grafiche progettuali, che l'impresa dichiara di conoscere e di accettare.

2. Sono estranei al presente atto, e non ne costituiscono in alcun modo riferimento negoziale, i computi metrici estimativi allegati al progetto, come da bando di gara ai sensi dell'art. 32, comma 14 bis del Codice.

Articolo 2. Ammontare dell'appalto.

1. L'importo definitivo contrattuale sarà quello risultante dall'applicazione del ribasso offerto dall'aggiudicatario sull'importo a base di gara per lavori, oltre gli oneri per la sicurezza contrattuali non soggetti a ribasso.

Tali importi, sono così definiti, oltre IVA di legge ex art. 23, comma 16 del Codice:

Lotti	Circoscrizione	Importo opere	Oneri Sicurezza	Importo Totale	Manodopera
1	CIRCOSCRIZIONE 1	€ 292.000,00	€ 8.000,00	€ 300.000,00	€ 159.284,98
2	CIRCOSCRIZIONE 2 (ex 2)	€ 214.000,00	€ 6.000,00	€ 220.000,00	€ 100.023,89
3	CIRCOSCRIZIONE 3	€ 214.000,00	€ 6.000,00	€ 220.000,00	€ 100.023,89
4	CIRCOSCRIZIONE 4	€ 214.000,00	€ 6.000,00	€ 220.000,00	€ 100.023,89
5	CIRCOSCRIZIONE 5	€ 214.000,00	€ 6.000,00	€ 220.000,00	€ 100.023,89
6	CIRCOSCRIZIONE 6	€ 214.000,00	€ 6.000,00	€ 220.000,00	€ 100.023,89
7	CIRCOSCRIZIONE 7	€ 214.000,00	€ 6.000,00	€ 220.000,00	€ 100.023,89
8	CIRCOSCRIZIONE 8 (ex 8)	€ 214.000,00	€ 6.000,00	€ 220.000,00	€ 100.023,89
9	CIRCOSCRIZIONE 8 (ex 9)	€ 214.000,00	€ 6.000,00	€ 220.000,00	€ 100.023,89
10	CIRCOSCRIZIONE 2 (ex 10)	€ 214.000,00	€ 6.000,00	€ 220.000,00	€ 100.023,89
11	Magazzini comunali/forniture	€ 125.000,00	€ 5.000,00	€ 130.000,00	€ 58.310,19
Importi totali		€ 2.343.000,00	€ 67.000,00	€ 2.410.000,00	

IMPORTO DEI LAVORI soggetto a ribasso di gara	€ 2.343.000,00
ONERI DELLA SICUREZZA non soggetti a ribasso di gara	€ 67.000,00
IMPORTO COMPLESSIVO DEI LAVORI	€ 2.410.000,00
IVA 22% lavori	€ 530.200,00
SOMMANO	€ 2.940.200,00
Incentivo art. 113 DL 50/16 attività tecnica (80%)	€ 30.848,00
Incentivo art. 113 DL 50/16 per innovazione (20%)	€ 7.712,00
Imprevisti	€ 63.240,00
IMPORTO COMPLESSIVO FINANZIATO	€ 3.042.000,00

Euro 2.343.000,00 per lavori, soggetti a ribasso, a base di gara, comprensivi di costi della manodopera (come desunti dal Q.I.M. e riportati nel quadro economico) derivanti dall'applicazione delle tabelle ministeriali per il settore merceologico del presente appalto attualmente vigenti, in particolare: operaio specializzato 29,18 euro/ora – operaio qualificato 27,04 euro/ora – operaio comune 24,28 euro/ora, incrementati del 26,50%;

Euro 67.000,00 per oneri per la sicurezza contrattuali, non soggetti a ribasso.

2. Il presente CSA - Parte II – Disposizioni Speciali riporta in dettaglio la suddivisione dell'importo complessivo a base di gara secondo le singole categorie lavorative costituenti l'appalto, indicando la categoria generale o specializzata considerata prevalente, nonché tutte le parti, con relativi importi e categorie, da ritenersi attribuite all'appaltatore in ragione delle specifiche caratteristiche dell'appalto, nonché quelle subappaltabili/scorporabili ex art. 105, c. omni 1, 2 e 4 del Codice. Contiene altresì le indicazioni di cui all'art. 43 RG e, nel caso di interventi complessi di importo superiore a 15 milioni di euro ex art. 3, comma 1, lett. oo) del Codice, l'articolazione delle lavorazioni come prevista dall'art. 43.4 dello stesso RG.

3. L'importo contrattuale è al netto dell'I.V.A. ed è fatta salva la liquidazione finale delle opere

4. Il contratto è stipulato "a misura" ai sensi dell'art. 59, comma 5 bis del Codice, per cui i prezzi unitari di cui all'elenco prezzi contrattuale allegato al Contratto di Appalto, con applicazione del ribasso di gara, costituiscono i prezzi unitari fissi e invariabili contrattuali.

Articolo 3. Corrispettivo.

1. I prezzi relativi all'appalto sono contenuti nell'Elenco prezzi unitari particolare dell'opera, secondo quanto richiamato e definito nel Contratto d'Appalto e nel presente atto.

2. Al contratto d'appalto si applicano le clausole di revisione prezzi di cui all'art. 106, comma 1 lett. a) del Codice con i limiti e le modalità di cui all'art. 29 del D.L. n. 4 del 27 gennaio 2022.

3. L'elenco dei prezzi unitari, come definito al precedente art. 2 comma 4, è vincolante per la valutazione di eventuali varianti, addizioni o detrazioni in corso d'opera, qualora ammissibili ai sensi dell'art. 106 del Codice.

4. Dovendosi eseguire categorie di lavori non previste ed impiegare materiali per i quali non risulta fissato il prezzo contrattuale nell'elenco prezzi particolare dell'opera, si dovrà provvedere alla formazione di nuovi prezzi ex art. 8, c. 5 del Reg. DL, utilizzando:

- in via prioritaria, i prezzi unitari desunti dall'Elenco Prezzi della Regione Piemonte di riferimento per l'appalto, anche aggregandoli in una nuova analisi;
- in subordine, ricavandoli totalmente o parzialmente da nuove analisi effettuate avendo a riferimento i prezzi elementari di manodopera, materiali, noli e trasporti alla data di formulazione dell'offerta, attraverso un contraddittorio tra il direttore dei lavori e l'esecutore, con l'approvazione finale del RUP.

Tutti i nuovi prezzi sono soggetti al ribasso d'asta offerto sull'importo a base di gara e, qualora comportino maggiori spese rispetto alle somme previste nel quadro economico, si applica l'art. 8, c. 6 del Reg. DL.

5. I lavori in economia a termini di contratto, che per loro natura non danno luogo ad una valutazione a misura, sono inseriti nella contabilità secondo le seguenti modalità:

- per l'importo dei materiali in provvista, dei trasporti e dei noli di mezzi d'opera sono utilizzati le voci dell'elenco prezzi particolare al netto del ribasso d'asta;
- per la relativa manodopera sono utilizzati i prezzi ai sensi dell'art. 23, comma 16 del Codice in vigore al momento dell'esecuzione delle lavorazioni medesime, incrementati di spese generali ed utili al netto del ribasso offerto;

Qualora si debbano contabilizzare le predette opere in economia, necessarie per la particolare tipologia della lavorazione, si applicano le disposizioni di cui all'art. 14, c. 3 del Reg. DL ed il riassunto di ciascuna lista settimanale andrà riportato sul registro di contabilità.

Articolo 4. Domicilio dell'Appaltatore.

1. L'Appaltatore deve avere domicilio nel luogo nel quale ha sede l'ufficio di direzione lavori; ove non abbia in tale luogo uffici propri, deve eleggere domicilio presso gli uffici comunali, o lo studio di un professionista, o gli uffici di società legalmente riconosciuta, ai sensi dell'art. 2 CG.

2. Tutte le intimazioni, le assegnazioni di termini ed ogni altra notificazione o comunicazione dipendente dal contratto di appalto sono fatte dal Direttore dei lavori o dal Responsabile Unico del Procedimento, ciascuno relativamente agli atti di propria competenza, a mani proprie dell'appaltatore o di colui che lo rappresenta nella condotta dei lavori, oppure devono essere effettuate presso il domicilio eletto ai sensi del comma 1.

3. L'elezione del domicilio dovrà avvenire in forma scritta, con l'indicazione anche delle persone che possono riscuotere (art.5), entro il termine di 10 giorni dalla comunicazione di avvenuta aggiudicazione definitiva, da consegnarsi al Responsabile del Procedimento contestualmente alla sottoscrizione, da parte dello stesso RUP e dell'esecutore, del verbale di constatazione del permanere delle condizioni che consentono l'immediata esecuzione dei lavori, che dev'essere in ogni caso antecedente alla formale stipula del contratto d'appalto.

Articolo 5. Indicazione del luogo dei pagamenti e delle persone che possono riscuotere.

1. La Città effettuerà i pagamenti tramite la Civica Tesoreria Comunale, con le modalità e secondo le norme che regolano la contabilità della stazione appaltante.

2. L'Appaltatore è tenuto a dichiarare la persona autorizzata a riscuotere, ricevere e quietanzare le somme ricevute in conto o saldo, anche per effetto di eventuali cessioni di credito preventivamente riconosciute dalla stazione appaltante, nonché quanto prescritto dall'art. 3 CG.

3. L'Appaltatore produrrà gli atti di designazione delle persone autorizzate contestualmente alla firma del verbale di cui al precedente articolo 4, comma 3.

Articolo 6. Direttore di cantiere.

1. La direzione del cantiere è assunta dal Direttore di cantiere ai sensi dell'articolo 6 CG e l'atto di

formale designazione deve essere recapitato alla Direzione Lavori prima dell'inizio lavori.

Articolo 7. Attività preliminari del direttore dei lavori e termini per l'inizio e l'ultimazione dei lavori.

1. Il DL fornisce al RUP l'attestazione dei luoghi ai sensi dell'art. 4, c. 1 del Reg. DL.

Successivamente, prima della sottoscrizione del contratto o alla consegna dei lavori in via d'urgenza, il DL, qualora richiesto dal RUP, accerta il permanere delle condizioni che consentono l'immediata esecuzione dei lavori aggiornando la predetta attestazione.

2. I lavori devono essere consegnati mediante la redazione di apposito processo verbale di consegna in contraddittorio con l'Appaltatore, ai sensi dell'art. 5 del Reg. DL, fatto salvo la mancata presentazione delle polizze di cui al successivo art. 29.

3. Il Responsabile del Procedimento può, con specifico atto motivato, autorizzare la consegna anticipata dei lavori, pendente la stipula del contratto ex art. 32, c. 8 del Codice e art. 5, c. 9 del Reg. DL, fatto salvo la mancata presentazione delle polizze di cui al successivo art. 29.

4. Il tempo utile per ultimare tutti i lavori in appalto è fissato al **31 Dicembre 2023**. I termini naturali e consecutivi decorrono dalla data di verbale di consegna dei lavori. Tale durata tiene conto della naturale e prevedibile incidenza delle giornate di andamento stagionale sfavorevole. **Il RUP potrà far proseguire i lavori fino alla consegna dell'appalto di ordinaria manutenzione dell'anno successivo.**

5. Qualora nel presente atto siano previste scadenze differenziate di varie lavorazioni, la consegna di cui al comma 2 è riferita alla prima delle consegne frazionate previste. Il tempo utile di cui al comma 4 è riferito all'ultimazione integrale dei lavori e decorre dall'ultimo verbale di consegna parziale ex art. 5, c. 9 del Reg. DL. Per l'ultimazione delle singole parti frazionate o funzionalmente autonome, si fa riferimento a quanto previsto dal presente atto, Parte II – Disposizioni Speciali.

6. Qualora si renda necessaria la consegna parziale, anche in via d'urgenza, si applicano le disposizioni previste al precitato art. 5, c. 9 del Reg. DL.

7. L'ultimazione dei lavori, appena avvenuta, deve essere dall'Appaltatore comunicata per iscritto al Direttore dei lavori il quale, in ogni caso, procede subito alle necessarie constatazioni in contraddittorio, con le modalità dell'art. 12, c. 1 del Reg. DL, redigendo apposito verbale di constatazione sullo stato dei lavori, a seguito del quale elabora nel più breve tempo possibile il certificato di ultimazione dei lavori.

8. L'Appaltatore non ha diritto allo scioglimento del contratto, né ad alcuna indennità, qualora i lavori, per qualsiasi causa non imputabile alla stazione appaltante, non siano ultimati nel termine contrattuale e qualunque sia il maggior tempo impiegato, ex art. 107, comma 5 del Codice.

9. Nel caso di ritardata consegna dei lavori per fatto o colpa della Città, superiore al termine di cui al comma 2, l'esecutore può richiedere il recesso del contratto, ai sensi dell'art. 5, c. 12 del Reg. DL.

10. Qualora l'istanza di recesso di cui al precedente comma non venga accettata dalla Città, l'esecutore ha diritto al risarcimento dei danni, ai sensi dell'art. 5, c. 14 del Reg. DL.

Articolo 8. Programma di esecuzione dei lavori.

1. I lavori dovranno svolgersi in conformità al cronoprogramma (artt. 40 e 43, comma 11 RG) che deve intendersi ad andamento lineare costante per tutta la durata dei lavori ed al conseguente programma di esecuzione dei lavori (art. 1, c. 1 lett. f del Reg. DL) che l'appaltatore è obbligato a presentare prima dell'inizio dei lavori.

2. L'esecuzione dei lavori deve essere coordinata secondo le prescrizioni della Direzione Lavori, tenuto conto anche delle esigenze che possono sorgere dalla contemporanea esecuzione di altre opere nell'immobile/area affidate ad altre ditte, con le quali l'Appaltatore si impegna ad accordarsi per appianare eventuali divergenze al fine del buon andamento dei lavori stessi.

3. L'Appaltatore è soggetto alle disposizioni che il Direttore dei Lavori impartisce con appositi Ordini di Servizio (annotati nel Giornale dei Lavori), redatti in duplice copia, comunicati al Responsabile del Procedimento e firmati per accettazione dall'Appaltatore, ex art. 3 del Reg. DL. E' altresì tenuto all'osservanza dei principi di sicurezza contenuti nella valutazione dei rischi propri dell'impresa ai sensi del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. e di quelli contenuti nei piani di sicurezza di cui al successivo articolo 25, comprese eventuali prescrizioni impartite dal Coordinatore per la Sicurezza in fase di esecuzione.

4. L'Appaltatore, ferme restando le disposizioni del presente articolo, ha facoltà di svolgere l'esecuzione dei lavori nei modi che riterrà più opportuni per darli finiti e completati a regola d'arte nel termine contrattuale. Circa la durata giornaliera dei lavori, si applica l'art. 27 CG.

5. La Direzione dei lavori potrà però, a suo insindacabile giudizio, prescrivere un diverso ordine nella esecuzione dei lavori, senza che per questo l'Appaltatore possa chiedere compensi od indennità di sorta.

L'Appaltatore dovrà pertanto adempiere a tutte le disposizioni che verranno impartite dalla Direzione dei Lavori.

Articolo 9. Penali.

1. Nel caso di mancato rispetto del termine indicato per l'esecuzione delle opere, per ogni giorno naturale e consecutivo di ritardo nell'ultimazione complessiva dei lavori, è applicata una penale pari all'1‰ (uno per mille) dell'importo contrattuale ex art. 113 bis, comma 2 del Codice.

2. La stessa penale trova applicazione al ritardo nelle singole scadenze delle varie lavorazioni e parti in cui è articolato il lavoro, secondo quanto meglio specificato sia sul cronoprogramma per ciascuna fase delle lavorazioni, sia nel CSA – Parte II - Disposizioni Speciali, in proporzione all'importo di queste.

3. L'importo complessivo della penale non potrà, in ogni caso, superare il 10% dell'ammontare netto contrattuale ex art. 113 bis, comma 2 del Codice.

4. La penale di cui al comma 1 verrà applicata con deduzione dall'importo del Conto Finale, anche mediante escussione della garanzia definitiva ove necessario, mentre quelle di cui al comma 2 saranno applicate con deduzione diretta sul certificato di pagamento relativo al SAL interessato.

Articolo 10. Sospensione e ripresa dei lavori. Proroghe.

1. È ammessa la sospensione dei lavori, su ordine del Direttore dei lavori o su disposizione del Responsabile del Procedimento, nei casi indicati dall'art. 107 del Codice e con le modalità ivi previste. La sospensione dei lavori permane per il tempo strettamente necessario a far cessare le cause che ne hanno comportato l'interruzione; a seguito della cessazione di dette cause, si procede con le modalità di cui all'art. 10, c. 4 del Reg. DL.

2. È ammessa la sospensione parziale dei lavori secondo l'art. 107, c. 4 del Codice e ai sensi dell'art. 10, c. 3 del Reg. DL. Per contro, la sospensione di una o più lavorazioni in cantiere per violazione alle norme di sicurezza sul lavoro, disposta su indicazione del Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione ex art. 92, c. 1 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., non comporta per l'Appaltatore il diritto al differimento del termine di ultimazione lavori contrattualmente previsto.

3. Nel caso di sospensione totale o parziale dei lavori disposte per cause diverse da quelle di cui all'art. 107, commi 1, 2 e 4 del Codice, il risarcimento dovuto all'esecutore è da quantificare sulla base dei criteri previsti dall'art. 10, c. 2 del Reg. DL.

4. L'Appaltatore che, per cause a lui non imputabili, non sia in grado di ultimare i lavori nel termine fissato, può richiederne la proroga con le modalità dell'art. 107, comma 5 del Codice.

5. Il contratto d'appalto potrà essere prorogato per il tempo necessario all'individuazione di un nuovo contraente, ai sensi dell'art. 106, comma 11 D.Lgs. 50/2016 e s.m.i.

Articolo 11. Oneri a carico dell'Appaltatore.

1. Si intendono in ogni caso a totale carico e spesa dell'Appaltatore, in quanto compresi nel prezzo dei lavori, fatto salvo le spese relative alla sicurezza nei cantieri (non soggette a ribasso), gli oneri espressamente previsti all'art. 32, comma 4 RG, oltre a quelli generali e particolari indicati specificatamente nel presente CSA.

2. L'Appaltatore ha altresì l'onere di aggiornare, con l'approvazione del DL, gli elaborati di progetto, in conseguenza delle varianti o delle soluzioni esecutive adottate, ai sensi dell'art. 15, comma 4 RG.

3. L'Appaltatore è responsabile della disciplina e del buon ordine del cantiere e ha l'obbligo di osservare e far osservare al proprio personale le norme di legge e di regolamento, anche mediante il direttore di cantiere di cui all'art. 6 precedente.

4. L'Appaltatore ed i subappaltatori devono osservare le norme e prescrizioni dei contratti collettivi di lavoro, delle leggi e dei regolamenti sulla tutela, sicurezza, salute, assicurazione e assistenza dei lavoratori, come previsto dall'art. 6 CG e dagli artt. 30, comma 4 e 105, comma 9 del Codice, nonché gli ulteriori adempimenti di sua competenza derivanti dal Protocollo di intesa per la sicurezza e regolarità nei cantieri edili della Città Metropolitana di Torino, adottato con deliberazione G.C. n. 88 del 22.02.2022 e sottoscritto dalla Città in data 04.04.2022.

In particolare l'Appaltatore è tenuto, alla maturazione di ciascun SAL, a presentare un'apposita autocertificazione ai sensi del DPR 445/2000 con cui attesti, sotto la piena responsabilità civile e penale, di aver provveduto regolarmente al pagamento delle maestranze impegnate nel cantiere oggetto dell'appalto con riferimento alla retribuzione ed all'accantonamento della quota relativa al TFR secondo il vigente CCNL e che, in base all'art.30,co.4 del D.Lgs.n.50/2016 e s.m.i, la retribuzione è conforme alle categorie merceologiche di lavori indicate nel disciplinare di gara. Detta autocertificazione dovrà essere presentata

inoltre, per suo tramite, dalle ditte consorziate esecutrici, dai subappaltatori preventivamente autorizzati, nonché dalla ditta ausiliaria in caso di avvalimento e dalla ditta distaccante nel caso di ricorso al suddetto istituto.

Sarà cura della Stazione Appaltante effettuare, successivamente, le opportune verifiche c/o gli Enti Previdenziali, inclusa la Cassa Edile di Torino, laddove l'attività prevalente sia riconducibile al CCNL dell'edilizia, nel rispetto di quanto sopra anche ai fini del disposto di cui al successivo art. 23, comma 4.

5. Sono inoltre a carico dell'Appaltatore gli oneri di cui ai successivi articoli 29 e 30, nonché quelli relativi alla provvista ed installazione del cartello di cantiere secondo le modalità standard dell'Ente appaltante.

6. L'Appaltatore si fa altresì espressamente carico di consegnare al DL, relativamente a materiali/apparecchiature/opere, tutte le certificazioni, documenti e collaudi, comprensivi degli schemi grafici identificativi relativi al luogo di installazione dei singoli elementi costruttivi, da allegare alla dichiarazione di corretta posa in opera (redatta ai sensi del D.M. 04/05/98), che sarà poi necessario presentare unitamente alla domanda di sopralluogo degli Organi competenti di Vigilanza, finalizzata all'ottenimento del C.P.I., all'autorizzazione ASL, dell'agibilità, ecc... entro 30 gg dall'ultimazione del singolo intervento, pena la non contabilizzazione dei medesimi, come meglio specificato al successivo art. 13.

7. La Direzione Lavori o l'organo di collaudo, ex art. 6, c. 4 del Reg. DL, possono disporre ulteriori prove ed analisi, ancorché non previste dalla legge o dal capitolato speciale d'appalto, ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. Le relative spese sono poste a carico dell'esecutore.

8. *Spetta altresì all'Appaltatore l'onere per lo smaltimento dei rifiuti prodotti in cantiere, compresi i relativi trasporti in discarica e le eventuali caratterizzazioni, come meglio specificato nel presente CSA, senza pretesa alcuna di riconoscimento economico per le suddette attività.*

Articolo 12. Proprietà dei materiali di demolizione.

1. I materiali provenienti da escavazioni o demolizioni, nonché gli oggetti di valore e quelli che interessano la scienza, la storia, l'arte e l'archeologia, sono di proprietà dell'Amministrazione; ad essi si applicano gli artt. 35 e 36 CG.

2. L'Appaltatore deve trasportarli e regolarmente accatastarli nel luogo stabilito negli atti contrattuali, intendendosi di ciò compensato coi prezzi degli scavi e delle demolizioni relative.

3. Qualora venga prevista la cessione di detti materiali all'Appaltatore, il prezzo ad essi convenzionalmente attribuito (non soggetto a ribasso) ivi citato deve essere dedotto dall'importo netto dei lavori; in caso contrario, qualora non sia indicato il prezzo convenzionale, si intende che la deduzione sia stata già fatta nella determinazione del prezzo.

Articolo 13. Contabilizzazione dei lavori.

1. La contabilizzazione dei lavori a misura è effettuata attraverso la registrazione delle misure rilevate direttamente in cantiere dal personale incaricato in apposito documento ai sensi dell'art. 15, c. 2 del Reg. DL, con le modalità previste dal presente CSA per ciascuna lavorazione; il corrispettivo è determinato moltiplicando le quantità rilevate per i prezzi unitari dell'elenco prezzi al netto del ribasso contrattuale. Il computo metrico estimativo non ha, in ogni caso, alcuna valenza contrattuale come indicato nel bando di gara ed i suoi dati non sono vincolanti.

2. La contabilizzazione dei lavori a corpo è effettuata, per ogni categoria di lavorazione in cui il lavoro è stato suddiviso, secondo la quota percentuale eseguita rispetto all'aliquota relativa alla stessa categoria, come indicata successivamente dal presente atto. Le progressive quote percentuali delle varie categorie di lavorazioni eseguite sono desunte da valutazioni autonome del Direttore dei lavori, che può controllare l'attendibilità attraverso un riscontro nel computo metrico di progetto; in ogni caso, tale computo metrico non ha alcuna rilevanza contrattuale come indicato nel bando di gara e i suoi dati non sono vincolanti. Il corrispettivo è determinato applicando la percentuale della quota eseguita all'aliquota contrattuale della relativa lavorazione e rapportandone il risultato all'importo contrattuale netto del lavoro a corpo.

3. Le misurazioni e i rilevamenti sono fatti in contraddittorio tra le parti ai sensi dell'art. 15, c. 2 del Reg. DL; tuttavia, se l'Appaltatore rifiuta di presenziare alle misure o di firmare i libretti delle misure o i brogliacci, il Direttore dei lavori procede alle misure in presenza di due testimoni, i quali devono firmare i libretti o brogliacci suddetti.

4. Per i lavori da liquidare su fattura e per le prestazioni da contabilizzare in economia, si procede secondo le relative speciali disposizioni; si richiama, in proposito, quanto già indicato al precedente art. 3, comma 5 e all'art. 15 del presente atto.

5. Gli oneri per la sicurezza contrattuali sono contabilizzati con gli stessi criteri stabiliti per i lavori, con

la sola eccezione del prezzo, che è quello prestabilito dalla stazione appaltante e non soggetto a ribasso in sede di gara.

6. I materiali e le apparecchiature che, per norma di legge, devono essere accompagnati da specifici documenti di omologazione / certificazione:

A – ove i materiali non necessitano di certificazione relativa alla loro posa, potranno essere contabilizzati in provvista e posa al momento della presentazione della relativa documentazione;

B - nei casi in cui la posa dei materiali di cui sopra necessita di specifica certificazione dell'esecutore / installatore, potranno essere contabilizzati in provvista e posa solamente al momento della presentazione della documentazione relativa al materiale e della certificazione della corretta posa in opera da parte dell'esecutore / installatore;

C - nei casi in cui la posa dei materiali di cui sopra necessita, oltre alla specifica certificazione dell'esecutore / installatore, anche della certificazione del professionista abilitato sulla corretta esecuzione, potranno essere contabilizzati in provvista e posa solamente al momento della presentazione della documentazione relativa al materiale e della certificazione della corretta posa in opera da parte dell'esecutore / installatore. La certificazione del professionista abilitato dovrà essere acquisita comunque al termine dei lavori e sarà condizione necessaria per il rilascio del certificato di ultimazione dei lavori.

D - gli impianti complessi, che sono costituiti da materiali ed apparecchiature in parte soggetti anche ad omologazione / certificazione, ma che necessitano della certificazione finale complessiva, potranno essere contabilizzati in provvista e posa in opera:

- per materiali ed apparecchiature non soggetti ad omologazione / certificazione, al momento della loro esecuzione;

- per materiali ed apparecchiature soggetti ad omologazione / certificazione, vale quanto riportato ai precedenti punti A – B – C.

Articolo 14. Valutazione dei lavori in corso d'opera.

1. Le quantità di lavoro eseguite sono determinate con misure geometriche, escluso ogni altro metodo, salve le eccezioni stabilite nel presente atto; valgono in ogni caso le norme fissate nei Capitolati citati al successivo articolo 32, comma 3.

2. Le attività di controllo amministrativo contabile sono svolte, da parte del DL, secondo le prescrizioni dell'art. 13 del Reg. DL; i diversi documenti contabili sono predisposti e tenuti dai soggetti delle stazioni appaltanti di cui all'art. 101 del Codice, nel rispetto delle disposizioni dell'art. 14 del Reg. DL.

Articolo 15. Anticipazioni dell'Appaltatore.

1. Le lavorazioni e le somministrazioni che, per la loro natura e ai sensi dell'art. 14, c. 1 lett. b del Reg. DL, si giustificano mediante fattura, sono sottoposti alle necessarie verifiche da parte del Direttore dei lavori, per accertare la loro corrispondenza ai preventivi precedentemente accettati e allo stato di fatto. Le fatture in formato elettronico così verificate e, ove necessario, rettifiche, sono pagate all'Appaltatore, ma non iscritte in contabilità se prima non siano state interamente soddisfatte e quietanzate, ex art. 3 della L. 136/2010.

2. Le fatture in formato elettronico relative ai lavori e forniture saranno intestate alla Città e trasmesse all'Appaltatore, che avrà l'obbligo di pagare entro 15 giorni. All'importo di tali fatture regolarmente quietanzate verrà corrisposto l'interesse annuo legale vigente, quale rimborso delle spese anticipate. L'ammontare complessivo delle anticipazioni non potrà comunque superare il 5% dell'importo complessivo netto dell'opera, a meno che l'Appaltatore vi consenta.

Articolo 16. Modifiche al progetto e al corrispettivo.

1. Nessuna variazione, addizione o modifica al progetto approvato può essere introdotta dall'Appaltatore, se non è disposta dal Direttore dei Lavori e preventivamente autorizzata (dal Responsabile del Procedimento o dalla Città) nel rispetto delle condizioni, dei limiti e secondo le modalità di cui all'art. 106 (nel caso di contratti relativi a Beni Culturali, richiamare anche l'art. 149 del Codice) del Codice, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 5.

2. E' ammessa, su richiesta della Stazione Appaltante e secondo quanto riportato nella Parte II del CSA, l'esecuzione di lavori complementari consistenti nella ripetizione di lavori analoghi a quelli previsti in contratto purché conformi al progetto a base di gara, secondo le particolari disposizioni di cui all'art. 63, comma 5 del Codice. Detti "lavori complementari" sono affidati alle stesse condizioni di contratto, nel limite del 50 per cento del valore del contratto iniziale e comunque entro tre anni dalla stipula del contratto originario.

3. Sono consentite le modifiche ai sensi dell'art. 106, comma 1 lettera e) del Codice e dell'art. 8, c. 7 del Reg. DL, disposte dal Direttore dei lavori anche per risolvere aspetti di dettaglio e che non modifichino

qualitativamente l'opera, comunicandole preventivamente al RUP. Le predette modifiche, che non devono comportare aumento o diminuzione dell'importo contrattuale, sono ammesse a condizione di non essere sostanziali ai sensi del comma 4 dell'art. 106 del Codice e, relativamente alle categorie di lavorazione, qualora la variazione in aumento o diminuzione sia contenuta entro il limite del 10 per cento.

4. Sono inoltre ammesse, nell'esclusivo interesse dell'Amministrazione, le modifiche di cui all'art. 106, comma 2 del Codice, nonché quelle finalizzate al miglioramento dell'opera e alla sua funzionalità, sempreché le suddette modifiche non comportino un'alterazione della natura complessiva del contratto ed un incremento di spesa superiore ai limiti di cui al medesimo comma 2.

5. Ai sensi dell'art. 8, c. 8 del Reg. DL, l'esecutore può avanzare proposte di variazioni migliorative che comportino una diminuzione dell'importo originario dei lavori e dirette a migliorare gli aspetti funzionali, elementi tecnologici o singole componenti del progetto, che non comportino riduzione delle prestazioni qualitative e quantitative stabilite nel progetto stesso e che mantengano inalterate il tempo di esecuzione dei lavori e le condizioni di sicurezza dei lavoratori. In tal caso, il Direttore dei Lavori, ricevuta la proposta dell'esecutore redatta in forma di perizia tecnica corredata anche degli elementi di valutazione economica, entro dieci giorni la trasmette al Responsabile del Procedimento, unitamente al proprio parere. Il Responsabile del Procedimento entro i successivi quindici giorni, sentito il progettista, comunica all'esecutore le proprie motivate determinazioni ed in caso positivo procede, con l'esecutore alla sottoscrizione del relativo atto di sottomissione.

6. La perizia delle opere suppletive e/o di variante sarà redatta a misura con l'utilizzo dei prezzi unitari di cui al precedente articolo 3 e la contabilizzazione delle suddette opere avverrà a misura (ovvero: a corpo) con le modalità previste dal presente atto. Ai fini della relativa approvazione, il progetto di variante sarà verificato e validato secondo le disposizioni vigenti in materia.

7. Qualora si renda necessario dover intervenire, in circostanze di somma urgenza, sui manufatti/aree della Città, l'appaltatore sarà altresì tenuto ad ottemperare a quanto impartito dal DL/RUP, sulla scorta e con le modalità di quanto previsto dall'art. 163 del Codice; i relativi atti saranno successivamente trasmessi all'ANAC per i controlli di competenza.

8. L'Appaltatore sarà in ogni caso tenuto, qualora si verificassero condizioni di necessità ed urgenza, ad eseguire lavori in qualunque manufatto cittadino nelle forme e con le procedure previste dal presente Capitolato.

Articolo 17. Modalità di liquidazione dei corrispettivi.

1. Nel caso di sospensione dei lavori di durata superiore a quarantacinque giorni, la stazione appaltante può disporre il pagamento in acconto degli importi maturati fino alla data della sospensione, prescindendo dall'importo minimo previsto per ciascun SAL, anche in relazione alla consistenza delle lavorazioni eseguite.

2. I pagamenti delle rate di acconto sono subordinati alla verifica della regolarità contributiva dei soggetti interessati nell'appalto. Nel caso in cui sul DURC sia segnalata un'inadempienza, la Città procederà secondo quanto disposto dall'articolo 30, comma 5 del Codice e secondo le modalità contenute nelle Circolari del Ministero del lavoro e della previdenza sociale n. 3/2012, dell'INPS n. 54 del 13.04.2012 e dell'INAIL del 21.03.2012.

3. Il pagamento dell'ultima rata di acconto, qualunque sia l'ammontare, verrà effettuato dopo la formale attestazione dell'avvenuta ultimazione dei lavori.

4. Sulle rate di acconto verrà effettuata la ritenuta dello 0,5% e sarà pagata, quale rata di saldo ex art. 113 bis, comma 3 del Codice, secondo le previsioni contrattuali, previa verifica del DURC ai sensi dell'art. 30 comma 5 del Codice e successiva formale richiesta di presentazione di idonea polizza a garanzia del saldo ex art. 103, comma 6 del Codice, rilasciata secondo le specifiche di cui al successivo art. 28, comm 3

Qualora il relativo DURC risultasse negativo, si provvederà a trattenere l'importo dell'inadempienza dal saldo medesimo e si provvederà ai sensi del comma 2. Nel caso venga riscontrata l'irregolarità e la Stazione Appaltante abbia già ricevuto la polizza di cui sopra, si procederà comunque con il versamento diretto dell'inadempienza agli enti previdenziali ed assicurativi.

Lo svincolo della garanzia definitiva avverrà successivamente alla data di emissione del certificato di Collaudo/Regolare Esecuzione e in ogni caso decorsi dodici mesi dalla data di ultimazione lavori risultante dal relativo certificato ex art. 103 comma 5 del Codice

5. In caso di ritardo accertato nel pagamento delle retribuzioni dovute al personale dipendente, si procederà secondo i disposti dell'art. 30 comma 6 del Codice. Per le detrazioni e sospensioni dei pagamenti, o per l'eventuale pagamento in surrogazione dell'impresa come indicato nel periodo precedente, l'Appaltatore non potrà opporre eccezione alcuna, né avrà titolo al risarcimento danni.

6. Il pagamento dell'ultima rata di acconto e del saldo non costituiscono in ogni caso presunzione di

accettazione dell'opera, ai sensi dell'articolo 1666, comma 2 C.C.

Articolo 18. Materiali e difetti di costruzione.

1. L'Appaltatore, con congruo anticipo rispetto alla messa in opera, dovrà sottoporre di volta in volta alla Direzione dei lavori i campioni dei materiali e delle forniture che intende impiegare, corredati di tutte le certificazioni che giustificano le prestazioni e di scheda tecnica che assicuri le specifiche caratteristiche descritte nel presente Capitolato Speciale.

2. Il DL svolge attività di controllo tecnico tra cui l'accettazione dei materiali, sulla base anche del controllo quantitativo e qualitativo degli accertamenti ufficiali delle caratteristiche meccaniche e in aderenza alle disposizioni delle norme tecniche per le costruzioni vigenti, ai sensi dall'art. 101 comma 3 del Codice. Altresì esegue tutti i controlli e le prove di cui all'art. 6 del Reg. DL, con le modalità ivi previste.

3. I materiali e i manufatti portati in contabilità rimangono a rischio e pericolo dell'appaltatore e possono essere sempre rifiutati dal Direttore dei Lavori per difetti e inadeguatezze, per accertata esecuzione senza la necessaria diligenza o con materiali diversi da quelli prescritti dal contratto, ai sensi dell'art. 6, c. 3 del Reg. DL. Il rifiuto è trascritto sul giornale dei lavori o, comunque, sul primo atto contabile utile, entro quindici giorni dalla scoperta delle predette non conformità del materiale o del manufatto.

4. Ai fini dell'accettazione dei materiali, valgono le seguenti disposizioni:

- a) i materiali e i componenti devono corrispondere alle prescrizioni del capitolato speciale ed essere della migliore qualità;
- b) il Direttore dei Lavori può rifiutare in qualunque tempo i materiali e i componenti deperiti dopo l'introduzione in cantiere o che, per qualsiasi causa, non risultino conformi alle caratteristiche tecniche indicate nei documenti allegati al contratto o alla normativa tecnica, nazionale o dell'UE, con obbligo per l'esecutore di rimuoverli dal cantiere e sostituirli con altri a sue spese; in tal caso il rifiuto è trascritto sul giornale dei lavori o, comunque, sul primo atto contabile utile.
- c) possibilità di mettere in opera i materiali e i componenti solo dopo l'accettazione del Direttore dei Lavori;
- d) accettazione "definitiva" dei materiali e dei componenti solo dopo la loro posa in opera;
- e) non rilevanza dell'impiego da parte dell'esecutore e per sua iniziativa di materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o dell'esecuzione di una lavorazione più accurata;
- f) riduzione del prezzo nel caso sia stato autorizzato, per ragioni di necessità o convenienza, da parte del Direttore dei Lavori, l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

5. L'Appaltatore è libero di scegliere il luogo ove prelevare i materiali, fatte salve le prescrizioni degli artt. 16 e 17 CG, nonchè quelle più specifiche contenute nel presente atto, Parte ... *(a cura del Servizio ...)*

....

Articolo 19. Controlli e verifiche.

1. Durante il corso dei lavori la stazione appaltante potrà effettuare, in qualsiasi momento, controlli e verifiche sulle opere eseguite e sui materiali impiegati con eventuali prove preliminari e di funzionamento relative ad impianti ed apparecchiature, tendenti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori e tutte le prescrizioni contrattuali.

3. Si richiamano inoltre gli oneri della Ditta circa la garanzia e la perfetta conservazione di manufatti e impianti di cui all'art. 32, comma 4 lett. e) ed i) RG.

4. I controlli e le verifiche eseguite dalla stazione appaltante nel corso dell'appalto non escludono la responsabilità dell'Appaltatore per vizi, difetti e difformità dell'opera, di parte di essa, o dei materiali impiegati, né la garanzia dell'Appaltatore stesso per le parti di lavoro e per i materiali già controllati.

5. Tali controlli e verifiche non determinano l'insorgere di alcun diritto in capo all'Appaltatore, né alcuna preclusione in capo alla stazione appaltante.

6. Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previste dal Capitolato speciale d'appalto parte III – Disposizioni tecniche, sono disposti dalla Direzione lavori o dall'organo di collaudo, fatto salvo quanto previsto dal successivo art. 22, comma 7, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico ex art. 111, comma 1 bis del Codice, ad eccezione di quanto già eventualmente compreso nei prezzi di cui all'elenco prezzi contrattuale e di quanto previsto all'art. 11, comma 7 del presente Capitolato speciale d'appalto. Per tutte le analisi o le prove non previste nel precedente capoverso, l'esecutore sarà tenuto ad eseguirle a propria cura e spese, ex art. 6, c. 4 del Reg. DL.

Articolo 20. Conto finale dei lavori.

1. Il Direttore dei lavori compila il conto finale entro il termine di gg. 60 dall'ultimazione dei lavori, con le stesse modalità previste per lo stato di avanzamento dei lavori, e provvede a trasmetterlo al Responsabile del procedimento ai sensi dell'art. 14, comma 1 lett. e del Reg. DL.

2. La sottoscrizione del Conto Finale da parte dell'Appaltatore viene effettuata ai sensi e con gli effetti di cui all'art. 14, comma 1 lett. e del Reg. DL.

Articolo 21. Lavori annuali estesi a più esercizi.

1. I lavori annuali estesi a più esercizi con lo stesso contratto si liquidano alla fine dei lavori di ciascun esercizio, chiudendone la contabilità e collaudandoli, come appartenenti a tanti lavori fra loro distinti, come prescritto dall'art. 14, c. 8 del Reg. DL.

Articolo 22. Regolare esecuzione o collaudo.

1. Ai sensi dell'art. 102, comma 3 del Codice e 219 RG, il collaudo deve essere ultimato entro 6 mesi dall'ultimazione dei lavori, debitamente accertata dalla DL con apposito certificato di cui all'art. 199 RG.

La Città solo per i lavori di importo pari o inferiore al milione di euro si avvale della facoltà prevista dall'art. 102, comma 2 del Codice e dall'art. 8 del Regolamento della Città di Torino n° 289 del 22 giugno 2004 e s.m.i., in quanto ancora compatibile. Pertanto, entro i limiti ivi previsti, il certificato di collaudo è sostituito da quello di regolare esecuzione, che deve essere emesso dal DL, entro 3 mesi dall'ultimazione dei lavori debitamente accertata con apposito certificato di cui all'art. 12, c. 1 del Reg. DL.

2. L'accertamento della regolare esecuzione e l'accettazione dei lavori di cui al presente atto avvengono con approvazione formale del certificato di collaudo/CRE, che ha carattere provvisorio.

3. Il predetto certificato assume carattere definitivo decorsi due anni dalla sua emissione e deve essere approvato dalla Città; il silenzio della Città protrattosi per due mesi oltre il predetto termine di due anni, equivale all'approvazione formale.

4. Salvo quanto disposto dall'articolo 1669 del C.C., l'Appaltatore risponde, ai sensi dell'art. 102, comma 5 del Codice e 229, comma 3 RG, per la difformità ed i vizi dell'opera, ancorché riconoscibili, purché denunciati dalla Città prima che il certificato di collaudo/regolare esecuzione, trascorsi due anni dalla sua emissione, assuma carattere definitivo.

5. L'Appaltatore deve provvedere alla custodia, alla buona conservazione ed alla gratuita manutenzione di tutte le opere ed impianti oggetto dell'appalto fino all'approvazione, esplicita o tacita, dell'atto di collaudo; resta nella facoltà della Città richiedere la presa in consegna anticipata di parte o di tutte le opere ultimate, ai sensi dell'art. 230 RG.

6. Per il Collaudo o il Certificato di Regolare Esecuzione, valgono le norme dell'art. 102 del Codice e della Parte II, Titolo X del RG.

7. In sede di collaudo, oltre agli oneri di cui all'art. 224 RG, sono a totale carico dell'Appaltatore l'esecuzione, secondo le vigenti norme e con tutti gli apprestamenti e strumenti necessari, di tutte le verifiche tecniche a strutture e impianti previste dalle leggi di settore e che il collaudatore vorrà disporre.

Articolo 23. Risoluzione del contratto e recesso.

1. Qualora ricorrano le fattispecie di cui all'art. 108, comma 1 del Codice, il Responsabile del procedimento può proporre alla Stazione Appaltante la risoluzione del contratto d'appalto, tenuto conto dello stato dei lavori e delle eventuali conseguenze nei riguardi delle finalità dell'intervento, mediante formale contestazione scritta all'Appaltatore e senza alcun obbligo di preavviso.

2. Nei casi previsti all'art. 108, comma 2, lett. a) e b) del Codice, la Stazione Appaltante provvederà alla risoluzione di diritto del contratto d'appalto.

3. In caso di grave inadempimento o grave ritardo dell'Appaltatore debitamente accertati, si rinvia a quanto previsto all'art. 108, commi 3 e 4 del Codice.

4. A norma e per gli effetti di cui all'art. 1456 C.C., l'Amministrazione, senza l'applicazione di alcun termine per adempiere, ha il diritto di risolvere il contratto d'appalto previa comunicazione, da inviarsi tramite PEC all'Appaltatore, di volersi avvalere della presente clausola risolutiva espressa, con riserva di risarcimento danni, nei seguenti casi:

- a) inadempienze accertate alle norme di legge sulla prevenzione degli infortuni e la sicurezza sul lavoro;
- b) proposta motivata del Coordinatore per la sicurezza nella fase esecutiva dei lavori, ai sensi dell'articolo 92, comma 1, lett. e), del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.;
- c) abusivo subappalto, associazione in partecipazione, cessione anche parziale del contratto;
- d) fallimento o irrogazione di misure sanzionatorie o cautelari che inibiscano la capacità di

- contrattare con la pubblica amministrazione;
- e) mancata presa in consegna dell'area da parte dell'Appaltatore, ex art. 5, c. 3 del Reg. DL;
 - f) violazione del Patto di Integrità debitamente sottoscritto, con particolare riferimento all'art.2,co.1 del medesimo;
 - g) violazione di quanto previsto all'art.30,co.4 ed art.105,co.9 D.Lgs.50/2016 e s.m.i, nonché degli oneri di cui al precedente art.11,co.4;
 - h) violazione degli obblighi previsti dal combinato disposto degli artt. 54 D.Lgs. 165/2001 e s.m.i. e 2, comma 3 D.P.R. 62/2013 e delle disposizioni contenute nel "Codice di comportamento della Città di Torino" adottato con Deliberazione della G.C. n. 2013 07699/004 del 31/12/2013, nonché al ricorrere delle fattispecie di cui all'art. 42 del Codice.

I casi elencati saranno contestati all'Appaltatore per iscritto dal Responsabile del Procedimento, previamente o contestualmente alla comunicazione di volersi avvalere della clausola risolutiva espressa di cui al presente articolo.

Non potranno essere intese, quale rinuncia alla clausola di cui al presente articolo, eventuali mancate contestazioni e/o precedenti inadempimenti per i quali la Città non abbia ritenuto avvalersi della clausola medesima e/o atti di mera tolleranza a fronte di pregressi inadempimenti dell'Appaltatore di qualsivoglia natura.

5. Nel caso di risoluzione, l'Amministrazione si riserva ogni diritto al risarcimento dei danni subiti ex art. 1453, comma 1 del Cod. Civ., ed in particolare si riserva di esigere dall'Impresa il rimborso di eventuali spese incontrate in misura superiore rispetto a quelle che avrebbe sostenuto in presenza di un regolare adempimento del contratto, come previsto anche all'art. 108, comma 8 del Codice.

6. E' fatto salvo il diritto di recesso della Città sensi degli artt. 1671 C.C. e 109 del Codice, secondo le modalità ivi previste.

Tale diritto è altresì esercitabile nel caso in cui, durante l'esecuzione dei lavori, l'Amministrazione venga a conoscenza, in sede di informative prefettizie di cui agli artt. 91 e seg. D.Lgs. 159/2011 e s.m.i., di eventuali tentativi di infiltrazione mafiosa tendenti a condizionare le scelte e gli indirizzi dell'Appaltatore stesso.

7. L'Appaltatore potrà recedere unicamente nel caso di cui al precedente art. 7, comma 9.

8. L'Appaltatore potrà altresì richiedere la risoluzione del contratto d'appalto, senza indennità, al verificarsi di quanto previsto dall'art. 107, comma 2 del Codice.

Articolo 24. Riserve, accordi bonari e contestazioni.

1. L'esecutore, è sempre tenuto ad uniformarsi alle disposizioni del direttore dei lavori, ex art. 3, c. 1 del Reg. DL, senza poter sospendere o ritardare il regolare sviluppo dei lavori, quale che sia la contestazione o la riserva che egli iscriva negli atti contabili, ex art. 3, c. 1 del Reg. DL.

2. Le riserve sono iscritte a pena di decadenza sul primo atto dell'appalto idoneo a riceverle, successivo all'insorgenza o alla cessazione del fatto che ha determinato il pregiudizio dell'esecutore. In ogni caso, sempre a pena di decadenza, le riserve sono iscritte anche nel registro di contabilità all'atto della firma immediatamente successiva al verificarsi o al cessare del fatto pregiudizievole. Le riserve non espressamente confermate sul conto finale si intendono abbandonate.

3. Le riserve devono essere formulate in modo specifico ed indicare con precisione le ragioni sulle quali esse si fondano. In particolare, le riserve devono contenere a pena di inammissibilità la precisa quantificazione delle somme che l'esecutore, ritiene gli siano dovute.

4. La quantificazione della riserva è effettuata in via definitiva, senza possibilità di successive integrazioni o incrementi rispetto all'importo iscritto.

5. Il registro di contabilità è firmato dall'esecutore, con o senza riserve, nel giorno in cui gli viene presentato.

6. Nel caso in cui l'esecutore, non firmi il registro, è invitato a farlo entro il termine perentorio di quindici giorni e, qualora persista nell'astensione o nel rifiuto, se ne fa espressa menzione nel registro.

7. Se l'esecutore, ha firmato con riserva, qualora l'esplicazione e la quantificazione non siano possibili al momento della formulazione della stessa, egli esplica, a pena di decadenza, nel termine di quindici giorni, le sue riserve, scrivendo e firmando nel registro le corrispondenti domande di indennità e indicando con precisione le cifre di compenso cui crede aver diritto, e le ragioni di ciascuna domanda.

8. Il direttore dei lavori, nei successivi quindici giorni, espone nel registro le sue motivate controdeduzioni. Se il direttore dei lavori omette di motivare in modo esauriente le proprie controdeduzioni e non consente alla stazione appaltante la percezione delle ragioni ostative al riconoscimento delle pretese

dell'esecutore, incorre in responsabilità per le somme che, per tale negligenza, la stazione appaltante dovesse essere tenuta a sborsare.

9. Nel caso in cui l'esecutore non ha firmato il registro nel termine di cui al comma 6, oppure lo ha fatto con riserva, ma senza esplicitare le sue riserve nel modo e nel termine sopraindicati, i fatti registrati si intendono definitivamente accertati, e l'esecutore decade dal diritto di far valere in qualunque termine e modo le riserve o le domande che ad essi si riferiscono. Di tale evenienza il DL dovrà farne espressa menzione nel Registro di contabilità.

10. Qualora vengano iscritte riserve sui documenti contabili che determinino una variazione dell'importo economico dell'opera tra il 5% ed il 15% dell'importo contrattuale stesso, si procederà con l'attivazione dell'accordo bonario secondo le modalità di cui all'art. 205 del Codice.

11. La proposta di accordo bonario rimane di competenza del Responsabile del Procedimento, secondo quanto disposto dall'art. 205, commi 4, 5, 6 del Codice. Nel solo caso di lavori di particolare complessità e di importo elevato, è facoltà dello stesso richiedere alla Camera Arbitrale l'indicazione di una lista di 5 esperti in materia per la redazione della proposta di accordo bonario, come previsto al comma 5 del precitato articolo del Codice.

12. Il DL o l'esecutore comunicano al RUP le contestazioni insorte circa aspetti tecnici che possono influire sull'esecuzione dei lavori; il RUP convoca le parti entro quindici giorni dalla comunicazione e promuove, in contraddittorio, l'esame della questione al fine di risolvere la controversia. La decisione del RUP è comunicata all'esecutore, il quale ha l'obbligo di uniformarsi, salvo il diritto di iscriverne riserva nel registro di contabilità in occasione della sottoscrizione.

13. Se le contestazioni riguardano fatti, il DL redige in contraddittorio con l'esecutore un processo verbale delle circostanze contestate o, mancando questi, in presenza di due testimoni. In quest'ultimo caso copia del verbale è comunicata all'esecutore per le sue osservazioni, da presentarsi al DL nel termine di otto giorni dalla data del ricevimento. In mancanza di osservazioni nel termine, le risultanze del verbale si intendono definitivamente accettate.

14. L'esecutore, il suo rappresentante, oppure i testimoni firmano il processo verbale, che è inviato al RUP con le eventuali osservazioni dell'esecutore.

15. Le contestazioni e relativi ordini di servizio sono annotati nel giornale dei lavori.

Articolo 25. Sicurezza e salute dei lavoratori nel cantiere.

1. L'Appaltatore, è tenuto a depositare nei termini di cui al successivo art. 31, al fine della stipula del contratto, e comunque prima della eventuale consegna anticipata dei lavori:

- a) eventuali proposte integrative del piano di sicurezza e di coordinamento redatto dalla Città, ai sensi dell'art. 100, comma 5 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.;
- b) un proprio piano di sicurezza sostitutivo del piano di sicurezza e di coordinamento di cui all'articolo 100 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. e con i contenuti di quest'ultimo, qualora la Città non sia tenuta alla redazione del piano ai sensi del suddetto Decreto legislativo;
- c) un proprio piano operativo di sicurezza, ai sensi dell'art. 96, comma 1, lett. g) del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., per quanto attiene alle proprie scelte autonome e relative responsabilità nell'organizzazione del cantiere e nell'esecuzione dei lavori, quale piano complementare di dettaglio del piano di sicurezza della Città di cui alla precedente lettera a).

2. I suddetti documenti formano parte integrante del contratto d'appalto, unitamente al piano di sicurezza redatto dalla Città, in ottemperanza al D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.

3. Il Direttore di cantiere e il Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione, ciascuno nell'ambito delle proprie competenze, vigilano sull'osservanza dei piani di sicurezza, ai sensi dell'art. 105, comma 17 del Codice e di quanto previsto nel D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.

Articolo 26. Subappalti e subcontratti.

1. Previa autorizzazione della Città e nel rispetto del precedente art. 2 e dell'articolo 105 del Codice, i lavori che l'Appaltatore ha indicato a tale scopo in sede di offerta possono essere subappaltati, nella misura, alle condizioni e con i limiti e le modalità previste dalle norme vigenti, tenuto conto anche dell'art. 89, comma 11 del Codice e del D.M. M.I.T. n. 248 del 10 novembre 2016, nonché di quanto previsto dal D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.

2. La Città provvede al pagamento diretto dei subappaltatori nei casi di cui all'art. 105, comma 13 del Codice. In particolare, con riferimento alle lettere a) e c) del comma 13 e secondo quanto dichiarato ed allegato alla richiesta di autorizzazione al subappalto, l'Appaltatore è tenuto, con formale comunicazione vistata dal medesimo subappaltatore a specificare alla Stazione Appaltante la parte delle prestazioni

eseguite di volta in volta in subappalto, unitamente al relativo importo, al fine della liquidazione delle stesse e con riferimento anche al disposto di cui all'art. 105, comma 22 del Codice.

3. Fuori dalle ipotesi di cui al comma precedente, l'Appaltatore è tenuto a presentare alla Città, entro 20 giorni dalla data di ciascun pagamento liquidato nei suoi confronti, copia delle fatture quietanzate relative ai pagamenti corrisposti dal medesimo ai subappaltatori, al fine di dimostrare di non incorrere nella fattispecie di cui alla lettera b) del comma 13 dell'art. 105 del Codice. In difetto, fatti salvi giustificati motivi al riguardo formalmente presentati dall'Appaltatore, si provvederà a trattenere cautelativamente l'importo corrispondente alla prestazione eseguita dal subappaltatore dall'ammontare risultante dal certificato di pagamento dovuto all'Appaltatore, al fine di poter adempiere a quanto disposto dalla lettera b) sopra citata.

4. La Città non risponde dei ritardi imputabili all'Appaltatore nella trasmissione della documentazione di cui al precedente comma e, pertanto, si intende fin da ora manlevata dal pagamento di qualsiasi somma a titolo di interesse nei confronti del subappaltatore.

5. L'Appaltatore è responsabile in solido con il subappaltatore nei confronti della stazione appaltante in relazione alle prestazioni oggetto del contratto di subappalto, nonché dell'osservanza delle norme in materia di trattamento economico e contributivo, previdenziale/assicurativo dei lavoratori dipendenti, ai sensi dell'articolo 105, commi 8 e 9 del Codice. Pertanto, nel caso di DURC non regolare del subappaltatore, riferito al periodo in cui il medesimo ha operato in cantiere, ai sensi dell'art. 105 comma 10 del Codice, si applica quanto previsto all'articolo 30 commi 5 e 6 del Codice.

6. L'Appaltatore è altresì tenuto a comunicare alla Stazione Appaltante, ex art. 105 comma 2, del Codice, per tutti i subcontratti stipulati per l'esecuzione dell'appalto medesimo, quanto ivi previsto. In proposito, la Città effettuerà la verifica dei relativi DURC secondo le disposizioni di cui al D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., e, nel caso di riscontrata irregolarità contributiva previa formale comunicazione all'Appaltatore, disporrà la sospensione delle relative attività sino ad avvenuta regolarizzazione dei DURC in esame.

7. Il direttore dei lavori, oltre a verificare la presenza in cantiere delle imprese subappaltatrici autorizzate, nonché dei subcontraenti che non sono subappaltatori, i cui nominativi sono stati preventivamente comunicati (ex art. 105, c. 2 del Codice) e a controllare che i predetti svolgano la parte di prestazioni ad essi affidate, provvede alla segnalazione al RUP delle inosservanze da parte dell'esecutore delle disposizioni di cui all'art.105, come da art. 7, c. 1 del Reg. DL.

8. Dovranno in ogni caso considerarsi "lavori" e pertanto sempre soggette ad autorizzazione al subappalto, le lavorazioni consistenti in un'attività di trasformazione di un bene in un'entità diversa, con destinazione d'uso o consistenza mutate rispetto a quelle originarie (*ad es. la fornitura con posa di conglomerato bituminoso, anche se la manodopera sia inferiore al 50%, in quanto di per sé il bitume, pur se preconfezionato, non ha una specifica destinazione d'uso indipendente dalla posa in opera, necessitando infatti di essere lavorato, come anche il calcestruzzo, i laterizi, materiali grezzi in genere*).

9. Ove l'appaltatore intenda avvalersi della fattispecie disciplinata dall'art.30 D.Lgs.276/2003 e s.m.i (distacco di manodopera), dovrà trasmettere, almeno 10 giorni prima della data di effettivo utilizzo della manodopera distaccata, **apposita comunicazione** con la quale dichiara:

- a) di avere in essere con la società distaccante un formale contratto di distacco (**da allegare in copia**) che dovrà, tra l'altro, riportare anche le motivazioni a giustificazione dell'interesse della società distaccante al ricorso di tale istituto, nonché l'indicazione del CCNL applicato ai dipendenti in distacco ai fini del successivo punto c);
- b) di volersi avvalere dell'istituto del distacco per l'appalto in oggetto indicando i nominativi dei soggetti distaccati e le relative posizioni Inps/Inail/Cassa Edile;
- c) che al personale distaccato ed indicato sarà in ogni caso applicato il CCNL di riferimento relativo all'appalto oggetto del presente contratto, ivi compresa l'iscrizione in Cassa Edile se l'attività esercitata in maniera prevalente è quella edile, nello specifico la Cassa Edile di Torino, nel caso di lavori superiori a 90gg.

La Stazione Appaltante, entro 10 gg dal ricevimento di quanto sopra, potrà negare il distacco ove in sede di verifica non sussistano i requisiti di cui sopra.

Articolo 27. Cessione del contratto e del corrispettivo d'appalto.

1. Qualsiasi cessione di azienda, trasformazione, fusione e scissione ex art. 106, comma 1 lett. d) n. 2 del Codice, relativa all'Appaltatore non produce effetto nei confronti della Città, fino a che il cessionario ovvero il soggetto risultante dall'avvenuta trasformazione, fusione o scissione non abbia proceduto nei confronti di essa alle comunicazioni previste dalla normativa antimafia, nonché quelle previste per la documentazione del possesso dei requisiti di qualificazione previsti dal Codice.

2. Entro 60 giorni dall'intervenuta comunicazione di cui sopra, la stazione appaltante può opporsi al subentro del nuovo soggetto con effetto risolutivo sulla situazione in essere, qualora non sussistano i

requisiti di cui alla vigente normativa antimafia e di cui all'art. 48, comma 19 del Codice.

3. Qualsiasi cessione del corrispettivo deve essere stipulata mediante atto pubblico o scrittura privata autenticata e deve essere notificata alla Stazione Appaltante; essa è altresì regolata dai disposti dell'art. 106, comma 13 del Codice.

Articolo 28. Polizza fidejussoria a titolo di garanzia definitiva.

1. La garanzia definitiva di cui all'art. 103 del Codice deve essere integrata ogni volta che la Città abbia proceduto alla sua escussione, anche parziale, ai sensi del presente atto e delle vigenti norme, oppure abbia affidato all'Appaltatore l'esecuzione di ulteriori opere/varianti.

2. Tale garanzia sarà svincolata progressivamente con le modalità previste dal Codice. L'ammontare residuo della garanzia cessa di avere effetto ed è svincolato automaticamente all'emissione del certificato di collaudo o di regolare esecuzione, o comunque decorsi 12 mesi dalla data di ultimazione dei lavori ai sensi dell'art. 103, comma 5 del Codice.

3. Le firme dei funzionari, rappresentanti della Banca o della Società di Assicurazione, riportate su tale garanzia con l'indicazione della qualifica e degli estremi del conferimento dei poteri di firma, dovranno essere apposte digitalmente ex art. 21 e ss del Codice dell'amministrazione digitale.

Articolo 29. Danni di esecuzione e responsabilità civile verso terzi.

1. Sono a carico dell'Appaltatore tutte le misure e gli adempimenti necessari per evitare il verificarsi di danni alle opere, all'ambiente, alle persone ed alle cose nell'esecuzione dell'appalto; ad esso compete l'onere del ripristino o il risarcimento dei danni.

2. L'Appaltatore assume la responsabilità dei danni subiti dalla stazione appaltante a causa di danneggiamenti o distruzione totale o parziale di impianti ed opere, anche preesistenti, verificatisi nel corso dell'esecuzione dei lavori, comprensiva della responsabilità civile, ai sensi dell'art. 103, comma 7 del Codice.

3. A tale scopo dovrà stipulare idonee polizze assicurative, come previsto dall'art. 103, comma 7 del Codice, da trasmettere alla stazione appaltante, unitamente alla quietanza di avvenuto pagamento del premio, almeno 10 giorni prima della consegna dei lavori, pena la non consegna dei medesimi.

Dette polizze dovranno essere debitamente sottoscritte ai sensi di Legge secondo le modalità di cui al precedente art. 28.

Le suddette polizze dovranno decorrere dalla data di consegna dei lavori e perdurare sino all'emissione del certificato di collaudo o di regolare esecuzione, con i seguenti massimali:

- PARTITA 1 - OPERE : Importo da definire, avente come massimale pari all'importo a base di gara del singolo lotto manutentivo);
- PARTITA 2 - OPERE PREESISTENTI € 500.000,00 (*in relazione alla specificità dell'opera da eseguire, con riferimento agli effettivi manufatti preesistenti*);
- PARTITA 3 - DEMOLIZIONE E SGOMBERO € 100.000,00;
- RC di cui al precedente punto 3) € 500.000,00.

In particolare, per i danni di cui alla PARTITA 1 - OPERE, il massimale indicato, riferito all'importo complessivo dell'appalto a base di gara, sarà rideterminato, a seguito dell'aggiudicazione, sulla base dell'importo contrattuale netto (IVA esclusa).

L'Appaltatore è altresì tenuto ad aggiornare detta somma assicurata inserendo gli importi relativi a variazioni dei prezzi contrattuali, perizie suppletive, compensi per lavori aggiuntivi o variazioni del progetto originario.

4. L'Ente assicurato non potrà in ogni caso essere escluso dalla totale copertura assicurativa per gli importi di cui al precedente punto 3 con clausole limitative di responsabilità.

Eventuali franchigie ed eccezioni non potranno essere opposte all'Ente medesimo: tale clausola dovrà risultare espressamente nelle suddette polizze assicurative.

5. S'intendono ovviamente a carico dell'Appaltatore gli eventuali danni, di qualunque genere, prodotti in conseguenza del ritardo dovuto alla mancata o ritardata consegna delle predette polizze nei tempi e modi di cui sopra.

Articolo 30. Danni cagionati da forza maggiore.

1. Qualora si verificano danni ai lavori causati da forza maggiore, questi devono essere denunciati alla Direzione Lavori, a pena di decadenza, entro il termine di cinque giorni da quello del verificarsi del danno, secondo le prescrizioni di cui all'art. 11 del Reg. DL.

2. L'esecutore non può pretendere compensi per danni alle opere o provviste se non in casi di caso

fortuito o di forza maggiore e nei limiti consentiti dal contratto.

Conseguentemente, al fine di determinare il risarcimento al quale può avere diritto l'esecutore, spetta al Direttore dei Lavori redigere processo verbale alla presenza di quest'ultimo, accertando:

- a) lo stato delle cose dopo il danno, rapportandole allo stato precedente;
- b) le cause dei danni, precisando l'eventuale caso fortuito o di forza maggiore;
- c) l'eventuale negligenza, indicandone il responsabile, ivi compresa l'ipotesi di erronea esecuzione del progetto da parte dell'Appaltatore;
- d) l'osservanza o meno delle regole dell'arte e delle prescrizioni del Direttore dei lavori;
- e) l'eventuale omissione delle cautele necessarie a prevenire i danni.

Nessun indennizzo è dovuto quando a determinare il danno abbia concorso la colpa dell'esecutore o delle persone delle quali esso è tenuto a rispondere.

Articolo 31. Documentazioni da produrre.

1. L'Appaltatore dovrà presentare, entro il termine perentorio di 10 giorni dalla comunicazione dell'aggiudicazione, oltre a quanto prescritto nel bando, anche i seguenti documenti:

- garanzia definitiva ex art. 28 del CSA (**se dovute ex art. 103, comma 11 del Codice**);
- piano di sicurezza operativo/sostitutivo (POS/PSS) ex art. 25 del CSA;
- ulteriori dichiarazioni / documentazioni previste all'art. 90, comma 9, del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.

Articolo 32. Richiamo alle norme legislative e regolamentari.

1. Si intendono espressamente richiamate ed accettate integralmente le norme legislative e le altre disposizioni vigenti in materia di contratti pubblici e in particolare: il D.Lgs. n. 50/2016 e s.m.i. – "Codice dei contratti pubblici" così come modificato dalla Legge n. 120/2020 e dalla Legge n. 108 del 29.07.2021, il Decreto M.I.T. del 7 marzo 2018, n. 49 "Regolamento recante: Approvazione delle linee guida sulle modalità di svolgimento delle funzioni del direttore dei lavori e del direttore dell'esecuzione", il Regolamento approvato con D.P.R. 05 ottobre 2010 n. 207 (per quanto non abrogato dal D.Lgs. 50/2016 e s.m.i.) , il Capitolato Generale di Appalto approvato con D.M. 19 aprile 2000 n. 145, per quanto non in contrasto con il Codice ed il Regolamento suddetti, oltre il D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 in materia di tutela della salute e sicurezza sul lavoro.

2. Tali norme si intendono prevalenti su eventuali prescrizioni difformi contenute nel presente Capitolato Speciale d'Appalto.

3. Per le specifiche norme tecniche l'Appaltatore, oltre a quanto prescritto nel D.M. del 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni" e nel presente Capitolato Speciale, è soggetto ai seguenti Capitolati tipo:

- Capitolato speciale per gli appalti delle opere murarie e affini occorrenti nella costruzione di nuovi edifici e nella sistemazione di quelli esistenti (deliberazione 30 ottobre 1943 Pref. Div. 2/1 n. 44200 del 22/12/1943) con esclusione dell'art. 13;
- Capitolato per l'appalto delle imprese di ordinario mantenimento e di sistemazione del suolo pubblico (Deliberazione C.C. 3/12/1951 Pref. 2/2/1952 Div. 4 n. 5040);
- Capitolato speciale per le opere di canalizzazione e analoghe del sottosuolo (Deliberazione 30/10/1943 Pref. 16/12/1943 n. 43639);
- Capitolato speciale di appalto per l'installazione degli impianti di riscaldamento nei locali degli edifici municipali (delib. C.C. 30/12/1957 Pref. 4/2/58 Div. 2 n. 7541/1015);
- Capitolato generale di norme tecniche per le provviste ed opere relative agli impianti industriali ed elettrici (delib. C.C. 3/5/1954 G.P.A. 26/8/54 Div. 2/1 n. 49034).

4. Si intendono parte del presente atto le indicazioni per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., della Legge 98/2013 e s.m.i. (art. 41) e del D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120.

5. Si intendono richiamati ed accettati, da entrambe le parti, il "Regolamento del Verde Pubblico e Privato della Città di Torino" n. 317, approvato con deliberazione del Consiglio Comunale in data 6 marzo 2006 e s.m.i. e il "Regolamento Comunale per la tutela dall'inquinamento acustico" n. 318, approvato con deliberazione del Consiglio Comunale in data 6 marzo 2006.

6. Si intende richiamato ed accettato, da entrambe le parti, il Protocollo di intesa per la sicurezza e regolarità nei cantieri edili della della Città Metropolitana di Torino, adottato con deliberazione G.C. n. 88 del 22.02.2022 e sottoscritto dalla Città in data 04.04.2022.

PARTE II - DISPOSIZIONI SPECIALI

Articolo 33. Oggetto dell'appalto

Il presente appalto ha per oggetto l'esecuzione di tutte le opere e la provvista dei materiali occorrenti per l'**ordinaria manutenzione** del suolo pubblico della Citta', ovvero delle pavimentazioni delle vie e delle strade, delle piazze, dei marciapiedi e delle banchine, per il ripristino del suolo pubblico manomesso da altri settori tecnici o da privati per l'**anno 2023**, nonché per il **servizio di pronto intervento** predisposto dall'Amministrazione di cui all'art. 43 del presente capitolato.

Agli effetti del presente appalto, il territorio del Comune di Torino, entro il quale dovranno essere effettuati i lavori e le provviste, risulta suddiviso in **undici lotti manutentivi** corrispondenti in gran parte al territorio delle ex Circoscrizioni, come di seguito delimitate, e per le quali è istituito il sopraccitato servizio di pronto intervento; oltre ad un lotto mirato alla gestione del magazzino comunale della pietra da taglio di via Buscalioni.

I lavori in oggetto ai sensi del D.L. n.81/2008 rientrano nel campo di applicazione del Testo Unico in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e pertanto sono soggetti alla redazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento.

La **categoria prevalente** è la **OG3** opere generali stradali.

I confini dei lotti territoriali sono come da seguenti descrizioni:

I confini dei lotti territoriali sono come da seguenti descrizioni:

LOTTO 1 - CIRCOSCRIZIONE 1

Rondò Rivella, f.f. Nord di corso San Maurizio, sponda sinistra Fiume Po (ponti esclusi), f.f. sud corso Vittorio Emanuele II, f.f. est del compendio ferroviario, (compresa la rampa di corso Sommeiller fino al f.f. ovest di via Nizza e la rampa est del cavalcavia di corso Dante) filo nord della ferrovia Lingotto-Porta Susa, f.f. Nord-Ovest di Corso Bramante (sino ad incrocio con f.f. Ovest corso Turati) f.f. Sud-Ovest Corso Lepanto e Corso Monte Lungo compreso Eliporto, f.f. Ovest corso IV Novembre, f.f. Ovest Largo Orbassano, filo ovest corso Mediterraneo (sino via Bobbio), f.f. ovest di Corso Leone da via Bobbio a corso Ferrucci, filo ovest ferrovia Porta Nuova - Porta Susa (da corso Ferrucci a piazza Statuto), piazza Statuto completa, ovest ferrovia Torino-Milano, f.f. Nord corso Regina Margherita (compresi rampa ad est della ferrovia, Rondò della Forca, piazza Repubblica, Rondò Rivella).

LOTTO 2 A - CIRCOSCRIZIONE 2 (EX CIRCOSCRIZIONE 2)

Filo sud ferrovia Modane - Porta-Susa (esclusa rampa cavalcavia via Guido Reni a sud della Ferrovia, compresa piazza Marmolada), filo ovest ferrovia Porta Susa - Porta Nuova, f.f. Ovest Largo Orbassano f.f. ovest corso IV Novembre, f.f. Sud-Ovest di Corso Monte Lungo e Corso Lepanto, f.f. Ovest Corso Unione Sovietica, f.f. Nord Corso Tazzoli, f.f. Nord-ovest corso Orbassano (esclusa piazza Cattaneo), f.f. nord Str. Portone, confine ovest della Citta'.

LOTTO 2 B - CIRCOSCRIZIONE 2 (EX CIRCOSCRIZIONE 10)

F.f. nord Str. Portone, f.f. Nord-ovest corso Orbassano, f.f. Nord corso Tazzoli (compresa piazza Cattaneo), f.f. Ovest corso Unione Sovietica, f.f. sud via Onorato Vigliani (compresa piazza Caio Mario), f.f. ovest via Pio VII, f.f. Sud corso Traiano, filo ovest ferrovia Torino-Genova, confine sud e ovest della Citta', compreso corso Stupinigi fino al castello omonimo e l'anello attorno al Castello stesso.

LOTTO 3 - CIRCOSCRIZIONE 3

F.f. sud corso Francia, filo ovest ferrovia Porta Susa-Modane (escluso corso Lione tra corso Ferrucci e via Bobbio, esclusa piazza Marmolada e comprese rampe cavalcavia via Guido Reni a sud ferrovia), confine ovest della Citta'.

LOTTO 4 - CIRCOSCRIZIONE 4

Filo sul raccordo tra SS 24 e corso Regina Margherita, f.f. sud corso Regina Margherita, f.f. Est corso Potenza, f.f. Sud via Nole e corso Mortara, (esclusa piazza Pier Della Francesca), filo ovest ferrovia Milano-Torino, (esclusa piazza dello Statuto e rampe cavalcaferrovia di Porta Susa) f.f. Sud corso Francia e delle piazze interessate.

LOTTO 5 - CIRCOSCRIZIONE 5

Sponda destra torrente Stura, filo ovest ferrovia Milano-Torino, (comprese rampe cavalcaferrovia di corso Grosseto, fino al f.f. ovest di piazza Rebaudengo, compreso cavalcavia di via Breglio fino a via Lauro Rossi, fino al f.f. Nord ovest di via Stradella, sino al f.f. nord di corso Vigevano) f.f. sud corso Mortara e via Nole, f.f. est di corso Potenza, f.f. Sud di corso Regina Margherita, fino al confine.

LOTTO 6 - CIRCOSCRIZIONE 6

Confine della Citta' a partire dalla sponda del torrente Stura, sponda sinistra del fiume Po, prolungamento del f.f. Ovest del Camposanto, f.f. Nord dei corsi Novara e Vigevano, filo ovest di via Stradella, filo ovest ferrovia Torino-Milano, sponda destra Torrente Stura.

LOTTO 7 - CIRCOSCRIZIONE 7

F.f. nord di corso Vigevano e di corso Novara, (esclusa la rampa est della sopravvia Dora, compresa piazza Crispi), f.f. Ovest del Camposanto prolungato fino alla sponda sinistra del fiume Po, sponda sinistra del fiume Po ponti compresi, confine Città, compresa strada comunale di Superga e tutte quelle collinari in carico manutentivo alla Città, f.f. Nord di strada del Mainero, f.f. Nord di Strada Val San Martino, f.f. Nord di Piazza Hermada, f.f. Nord di Corso Gabetti, f.f. di Corso Casale, ponte Regina Margherita, sponda Nord del fiume Po adiacente Lungo Po N.Macchiavelli, f.f. Nord dei corsi San Maurizio e Regina Margherita (esclusi Rondò Rivella e Della Forca e piazza Della Repubblica) filo ovest ferrovia Torino-Milano, piazza Baldissera.

LOTTO 8 A - CIRCOSCRIZIONE 8 (EX CIRCOSCRIZIONE 8)

F.f. Nord di Corso Gabetti, f.f. Nord di Piazza Hermada, , f.f. Nord di Strada Val San Martino, f.f. Nord di strada del Mainero, confine Città, comprese le strade collinari in carico manutentivo alla Città, sponda sinistra del fiume Po, f.f. Nord corso Bramante, filo ovest ferrovia Genova-Torino, f.f. Sud di corso Vittorio Emanuele II, sponda sinistra del fiume Po, esclusi i ponti, sino al ponte di corso Regina Margherita escluso.

LOTTO 8 B - CIRCOSCRIZIONE 8 (EX CIRCOSCRIZIONE 9)

F.f. Nord di Corso Bramante, sponda sinistra fiume Po, confine Citta', filo ovest ferrovia Genova-Torino, f.f. Sud corso Traiano, f.f. ovest via Pio VII, f.f. Sud via O.Vigliani, f.f. Ovest corso Unione Sovietica (esclusa piazza Caio Mario). E' altresì compresa la pavimentazione del sottopasso Lanza comprese le relative rampe di accesso.

Le superfici di Suolo Pubblico dei lotti oggetto del presente appalto risultano essere all'incirca le seguenti:

LOTTO 1	mq. 2.300.000
LOTTO 2A	mq. 1.900.000
LOTTO 2B	mq. 1.600.000
LOTTO 3	mq. 2.200.000
LOTTO 4	mq. 1.900.000
LOTTO 5	mq. 3.200.000
LOTTO 6	mq. 2.600.000
LOTTO 7	mq. 2.200.000
LOTTO 8A	mq. 1.400.000
LOTTO 8B	mq. 1.700.000

Articolo 34. Liquidazione delle opere

La liquidazione dei lavori relativi alla manutenzione ordinaria sarà eseguita principalmente a misura, salvo per quelle opere che per motivi documentati la Direzione lavori ritenesse di computare in economia,

sulla base delle attività svolte giornalmente a mezzo di ordinativi emessi dalla stessa direzione dei lavori, sulla base dei prezzi contenuti dall' **Elenco Prezzi dei materiali e delle opere edili della Regione Piemonte Febbraio 2023** e dei nuovi prezzi descritti successivamente nell'art. 48 del presente Capitolato.

La liquidazione delle opere relative al Servizio di Pronto Intervento sarà fatta in parte in economia, sulla base degli interventi eseguiti riassunti negli ordinativi di lavoro giornalieri allegati alle liste settimanali. In particolare, la liquidazione della squadra di pronto intervento, di cui all'art. 43 del presente Capitolato, sarà effettuata contabilizzando un autocarro "a freddo", senza autista e due operai, un operaio comune e uno specializzato; su indicazione della direzione dei lavori la manodopera della suddetta squadra potrà essere potenziata in base alle esigenze lavorative.

Le eventuali opere, prestazioni e forniture relative alla sicurezza saranno compensate, sulla base dell'apposito elenco prezzi annesso al presente Capitolato Speciale d'Appalto, senza l'applicazione della variazione di gara.

Gli oneri per la sicurezza contrattuale, non soggetti a ribasso di gara, saranno contabilizzati a misura sulla base dell'Elenco Prezzi allegato al Piano di Coordinamento e Sicurezza. I costi per la sicurezza sono stati stimati sulla base di una perizia redatta ai sensi del D.L. n.81/2008 rientrano nel campo di applicazione del Testo Unico in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Articolo 35. Descrizione delle opere

I lavori oggetto del presente appalto comprenderanno in generale: rappezature di buche ed abrasioni, risanamenti, ristrutturazioni, correzioni di avvallamenti, stese di materiali bituminosi, spostamenti di chiusini, disostruzione di caditoie, tubazioni e simili; pulizia e riparazione di cunette, rettifica e correzione di piani di guide, cordoni e simili, apposizione di barriere di sbarramenti ed esecuzione di quanto necessario per la deviazione del traffico nonché ogni altra opera che si sarà resa indifferibile per eliminare quanto possa rappresentare un pericolo; l'esecuzione dei lavori di ripristino del suolo pubblico manomesso da privati secondo le condizioni vigenti, la sistemazione e pulizia delle scarpate, dei fossi, delle tubolari, delle cunette (in terra o altro materiale) laterali alle carreggiate stradali e a piccole opere d'arte presenti su tutto il territorio comunale, oltre ad opere sui sedimi stradali che si rendessero necessarie in conseguenza dei suddetti interventi; esecuzione di ritracciatura e/o ripasso di segnaletica stradale orizzontale per piccole estensioni.

I principali interventi che rientrano nelle attività del Servizio di pronto Intervento sono: piccole buche stradali; ricollocamento di guide e cordoni divelti o slivellati; rattoppi su marciapiedi in asfalto o altro con malta di cemento; rimozione erbacce dai marciapiedi e dalle banchine centrali; sfalcio di erba dalle banchine sterrate adibite a parcheggio; sostituzione dissuasori di sosta e transenne abbattuti o manomessi e nuove pose; sistemazione di piccole superfici in cubetti o autobloccanti; piccoli assestamenti di masselli o lastre in pietra, oltre a tutto quanto sarà richiesto in casi urgenti dalla Direzione Lavori.

Inoltre in mancanza di interventi urgenti su cui operare la squadra del S.P.I. si affiancherà alle altre squadre per le lavorazioni ordinarie relative al presente appalto.

Poiché il presente appalto concerne i lavori per la manutenzione ordinaria del suolo pubblico ne consegue che, qualora particolari lavori di riparazione, aventi nel loro insieme carattere di ordinaria manutenzione, comportino, oltre alla riparazione degli elementi d'opera esistenti, anche l'esecuzione e la fornitura di altri nuovi, le ditte deliberatarie del presente appalto sono tenute ad eseguirli o fornirli alle condizioni e prezzi dei loro contratti, salva però la facoltà della Civica Amministrazione, ove lo ritenga opportuno, di valersi, per l'esecuzione di tali nuovi elementi d'opere e forniture di altre Ditte.

Inoltre, nel caso di riparazioni, di modifiche, di sistemazioni speciali, che per la loro importanza rivestano il carattere di opere straordinarie e non più di lavori di ordinaria manutenzione, le ditte assuntrici del presente appalto avranno l'obbligo di eseguirle alle stesse condizioni di contratto per l'ordinaria manutenzione, quando ne siano richieste dalla Civica Amministrazione, la quale per contro si riserva la facoltà di interpellare, per l'esecuzione di dette opere, altre Ditte, senza che quelle assuntrici del presente appalto possano accampare diritti di qualsiasi sorta.

Le ditte che risulteranno aggiudicatari dei lavori relativi ad un lotto saranno tenute, all'occorrenza, su richiesta della Direzione Lavori, ad eseguire opere di manutenzione ordinaria o ripristini anche in altre zone, alle proprie condizioni contrattuali.

Il presente appalto prevede come detto anche un lotto 11, non legato al territorio circoscrizionale ma relativo a tutta la città, con il quale saranno eseguiti interventi analoghi a quelli degli altri lotti ma condotti direttamente dal Settore centrale. Inoltre prevede la fornitura e le provviste dei materiali occorrenti al servizio di pronto intervento feriale notturno gestito dagli Uffici Centrali.

I lavori oggetto del seguente appalto riguardano interventi che comprendono:

Movimenti di terra:

- 1) Scavi di incassamento per la formazione dei cassonetti stradali ove le quote del piano di

campagna lo richiedano, con carico e trasporto del materiale di risulta in cantiere, per il suo reimpiego nella formazione dei rilevati, se in possesso, a giudizio della Direzione Lavori delle caratteristiche fisico-meccaniche atte a tale impiego - oppure alle discariche od in altre località, secondo le indicazioni della Direzione Lavori. Compattazione del fondo e rifilatura manuale delle pareti laterali.

2) Eventuali scavi di risanamento, ove la natura del terreno di appoggio delle fondazioni o dei rilevati si ritenesse non idonea a sopportare i carichi previsti, con carico a trasporto dei materiali di risulta alle discariche.

3) Scavi in sezione ristretta ed obbligata e per la posa di immissioni a tubolare.

4) Carico di materiali scavati con mezzo meccanico e loro trasporto alle discariche od in altra località oppure, nell'ambito del cantiere, con riutilizzo per la formazione di rilevati, ove il materiale stesso sia in possesso delle caratteristiche fisico meccaniche atte a tale impiego.

5) Scarifica di pavimentazione bituminosa esistente, degli spessori da cm. 3 a 6, con apposita macchina operatrice compresa l'asportazione del materiale fresato e la accurata pulizia e preparazione del fondo.

6) Mezzi meccanici in economia per l'esecuzione di piccoli movimenti di terra, per lo spianamento di materiali depositati, per la pulizia di aree da rilevare, per la formazione di rilevati sulle banchine.

Sulla scorta delle Linee guida relative a Terre e rocce da scavo approvate con deliberazione G.C. del 03.11.2009 nel caso di lavori che prevedano l'utilizzo di terre da scavo sulla base di un progetto preventivamente approvato, si ricorda che, in ogni cantiere della Città, non può entrare alcun carico di terra che non sia accompagnato dalla seguente specifica documentazione:

- Bolla di trasporto, se il terreno è acquisito quale materia prima, ad esempio direttamente dalla cava di produzione

- Bolla di trasporto, se il terreno è acquisito quale materia prima seconda proveniente da impianti di recupero rifiuti

- Formulario di identificazione rifiuti, se il terreno proviene da impianti od attività di recupero rifiuti

- Dichiarazione di riutilizzo della terra da scavo prodotta in altro cantiere, con esclusione dal regime rifiuti

- Documento di trasporto definito in sede di approvazione, ai sensi dell'art. 186 del D. Lgs. 152/2006, del progetto di recupero terre di scavo, se il terreno proviene da altro intervento edilizio.

In assenza di uno dei documenti sopra indicati, il carico de quo non potrà essere accettato in cantiere e pertanto va respinto.

Si ricorda, infine, che le Linee guida prevedono specifiche analisi di caratterizzazione chimico/fisica delle terre, sia nel caso di gestione come rifiuto, sia nel caso di riutilizzo del materiale: dette analisi competono al produttore (impresa appaltatrice) ed il relativo costo rientra negli oneri dell'appaltatore.

Fondazioni stradali:

7) Formazione di fondazioni stradali con l'impiego di misto granulare anidro di caratteristiche granulometriche aderenti a quanto prescritto nell'articolo relativo all'allegato elenco prezzi, compresa la stesa e successiva compattazione, il tutto a perfetta regola d'arte. Realizzazione di strato in misto granulare stabilizzato a cemento spess. cm. 15 e cm. 20.

Pavimentazioni bituminose:

8) Formazione di pavimentazione bituminosa costituita da strato di base in misto granulare bitumato dello spessore compreso compreso tra cm. 12 e 14 conforme alle disposizioni della D.L. steso anche in due strati e cilindrato a regola d'arte con rullo di adatto peso.

9) Provvista a volume, stesa e cilindatura di conglomerati o calcestruzzi bituminosi di adatta granulometria per rappesature estese, risagomature e raccordi alle pavimentazioni esistenti.

10) Formazione di tappeto di usura in calcestruzzo bituminoso degli spessori finiti compresi conformi alle disposizioni della D.L. e ancorati agli strati sottostanti con emulsione bituminosa.

Marciaiedi e banchine:

11) Costruzione di marciapiedi con piano di calpestio in malta bituminosa o asfalto colato dello spessore compreso pari a cm 2 su sottofondo in calcestruzzo cementizio con resistenza caratteristica R'bk 100 dello spessore di cm 10 e strato ghiaia vagliata di cm 10 di spessore.

12) Pavimentazione di accessi carrai con le stesse caratteristiche di cui alla voce precedente ma con aumento dello spessore del sottofondo in calcestruzzo cementizio a cm 15.

13) Rimozione, provvista e posa di guide o cordoni in pietra a delimitazione di marciapiedi rialzati.

14) Estrazione e ricollocamento a nuova quota di guide o cordoni in pietra, di scivoli di cm 50/10 e fasce cm 30/10.

Opere murarie:

15) Provvista sul luogo d'impiego di griglie in ghisa a sezione quadrata, complete di telaio sagomato in ghisa per chiusura delle camerette di raccolta.

16) Posa in opera di chiusini, griglie con interposizione di corona di mattoni pieni.

17) Rimozione di chiusini o griglie da pavimentazione bituminosa e non bituminosa, con successiva rimessa in opera alle quote dalla pavimentazione finita.

18) Pulizia e disostruzione di immissioni esistenti.

19) Allacciamento di immissioni stradali con perforazione, innesto e sigillatura del collettore di fognatura bianca.

20) Costruzione di rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, con adozione di caditoie in cls.cementizio gettate sul posto di dimensioni interne di cm.40x40.

Collegamento delle caditoie ai canali bianchi con tubazioni in PVC (UNI 7447/75) per fognatura, tipo 303/1 dei diametri di cm. 20/25/31,5 completi di pezzi speciali, quali braghe doppie e semplici, curve, giunti a squadra ecc. Le tubazioni saranno poste in opera su letto di posa in sabbia e protette, ove occorra, da cappa in conglomerato cementizio (R'bk 100).

21) Ogni altra opera che, se anche non specificatamente descritta, si rendesse necessaria nel corso dei lavori per assicurarne la riuscita a perfetta regola d'arte.

PARTE III – DISPOSIZIONI TECNICHE

Articolo 36. Prescrizioni tecniche

Per quanto concerne le modalità di stesa e le caratteristiche dei materiali anidri di fondazione (fuso granulometrico valori di portanza), dei conglomerati bituminosi (fusi granulometrici, percentuali di bitume, valori caratteristici derivanti dalla prova Marshall), e delle infrastrutture complementari (caditoie stradali, tubazioni, guide, in pietra), valgono le **"Norme e prescrizioni tecniche"** approvate dalla Giunta Comunale in data 28 novembre 2000 mecc.10833/33; "Norme per il confezionamento e la stesa di microtappeti a freddo" approvate dal C.C. 13/4/1987 nonché della normativa tecnica particolare della Città vigente alla data dell'appalto.

Valgono inoltre le seguenti prescrizioni tecniche relative a:

a) Materiali

I materiali in genere occorrenti per la costruzione dell'opera proverranno da quella località che l'appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, siano riconosciuti di buona qualità e rispondano a tutte le condizioni previste dalle vigenti norme di legge in materia, oltre ai requisiti appresso indicati.

b) Cementi, conglomerati cementizi

I cementi, i conglomerati cementizi, le armature metalliche, richiamati nella parte II del presente capitolo, da impiegare per qualsiasi lavoro, dovranno corrispondere a tutte le prescrizioni di accettazione a norma del D.M. 14/1/66 n. 744, parzialmente modificato dal D.M. 3/6/68 e D.M. 16/6/76, nonché a quelle della Legge 5/11/71 n.1086 e D.M. 14/2/1992.

c) Materiali ferrosi

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, sbrecciature, tagli e da qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, laminazione, fucinatura, ecc..

Essi dovranno rispondere a tutte le condizioni previste dalle vigenti norme di legge all'uopo emanate e presentare, inoltre, a secondo delle loro qualità, taluni particolari requisiti.

d) Tubi in p.v.c. (policloruro di vinile) rigido per condotte interrate

1) Fornitura dei tubi

Il materiale base per la produzione di tubi e pezzi speciali deve essere una miscelazione di PVC (policloruro di vinile) con gli ingredienti necessari per una appropriata fabbricazione del prodotto. Le mescolanze di cui sopra hanno le seguenti caratteristiche a 20°C:

- massa volumica g/cm 1,37 , 1,47
- carico unitario a snervamento MPa > 48
- allungamento a snervamento % < 10
- modulo di elasticità (E) MPa =3000

I tubi dovranno essere prodotti per estrusione con impianti moderni e dotati di laboratorio dove dovranno essere fatte costantemente prove che possano garantire la costanza della qualità del prodotto. Dimensioni, tolleranze sono quelle previste dalle norme UNI vigenti che si intendono parte integrante del capitolato di fornitura UNI 7447/75 = UNI 7448/75 e 7449 (per i raccordi).

Le barre dovranno essere fornite della lunghezza commerciale con una estremità liscia e l'altra dotata di un bicchiere di giunzione preconfezionato e anello di materiale elastomerico per effettuare e garantire la tenuta idraulica.

Ogni tubo dovrà essere marchiato in modo chiaro e indelebile e la marchiatura dovrà comprendere:

- il nome del produttore
- il diametro di accoppiamento
- la serie
- il materiale (PVC)
- il periodo di fabbricazione (almeno l'anno)
- il riferimento alla norma UNI

- il marchio di conformità rilasciato dall'Istituto Italiano dei Plastici.

I collaudi di accettazione e qualità saranno quelli previsti dalle già citate norme UNI.

2) Raccordi e pezzi speciali

I raccordi e i pezzi speciali necessari saranno dello stesso materiale dei tubi, in esecuzione stampata o ricavata da tubo, con le estremità predisposte alla giunzione. Il collegamento fra tubi di PVC e materiali tradizionali avverrà unicamente per mezzo di raccordi flangiati, o con raccordi aventi un bicchiere di giunzione preconfezionato dello stesso materiale delle tubazioni. Il giunto sarà di tipo "GIELLE" con anello di tenuta di materiale elastomerico.

3) Posa in opera di condotte

L'Appaltatore nell'esecuzione delle opere dovrà attenersi alle migliori regole d'arte e tal'altro alle disposizioni contenute nel Decreto Ministeriale del 12/12/1985 concernente le "Norme tecniche relative alle tubazioni" che si intendono integralmente richiamate.

Si procederà alla posa in opera delle tubazioni solo previa esplicita accettazione delle stesse da parte della D.L. e cioè quando sarà riscontrata la rispondenza della fornitura alle normative vigenti, alle prescrizioni tecniche del presente Capitolato Particolare d'Appalto ed ai termini contrattuali.

Prima della posa in opera i tubi, i giunti ed i pezzi speciali dovranno essere accuratamente controllati. Quelli che dovessero risultare danneggiati in modo tale da compromettere la qualità e la funzionalità dell'opera dovranno essere scartati e sostituiti.

Nell'operazione di posa dovrà evitarsi che nell'interno delle condotte penetrino detriti o corpi estranei di qualunque natura e che venga comunque danneggiata la loro superficie interna.

La posa in opera dei tubi sarà effettuata su di un sottofondo in calcestruzzo dello spessore minimo di cm. 10. Le tubazioni saranno rinfiancate e rivestite superiormente con lo stesso getto come da disegni esecutivi di progetto; le tubazioni di collegamento tra la condotta e le caditoie saranno posate su sottofondo in cls. come sopra rinfiancate da sabbia e protette da cappa in cls. cementizio. I getti in questione dovranno avere una resistenza caratteristica cubica (RcK) sul provino, maggiore od uguale a 10 N/mm² (100 Kg/cm²).

La larghezza del fondo scavo sarà la minima indispensabile come da particolari di progetto.

Ci si dovrà comunque accertare della possibile insorgenza di fenomeni corrosivi adottando appropriate contromisure.

In nessun caso si dovrà regolarizzare la posizione dei tubi nella trincea utilizzando pietre o mattoni ed altri appoggi discontinui.

Il piano di posa dovrà garantire una assoluta continuità di appoggio e, nei tratti in cui si temano assestamenti, si dovranno adottare particolari provvedimenti come l'impiego di giunti adeguati, trattamenti speciali del fondo della trincea o, se occorre, appoggi discontinui stabili quali selle o mensole.

La continuità di contatto tra tubo e sella sarà assicurata dall'interposizione di materiale idoneo.

Dovrà inoltre prestarsi particolare cura nelle manovre precedentemente descritte qualora queste dovessero effettuarsi a temperature inferiori a 0°C, per evitare danneggiamenti ai tubi stessi.

Verificata pendenza ed allineamento si procederà alla giunzione dei tubi.

La giunzione dovrà garantire la continuità idraulica ed il comportamento statico previsto in progetto e dovrà essere realizzata in maniera conforme alle norme di esecuzione prescritte dalla ditta produttrice e fornitrice dei tubi stessi.

Al termine delle operazioni di giunzione relative a ciascun tratto di condotta ed eseguiti gli ancoraggi, si procederà di norma al reinterro dei tubi. Modalità particolari dovranno essere seguite nel caso di pericolo di galleggiamento dei tubi od in tutti quei casi in cui lo richieda la stabilità dei cavi.

Il materiale dovrà essere disposto nella trincea nel modo migliore in strati di spessore opportuno, accuratamente costipato.

Saranno in ogni caso osservate le normative UNI vigenti nonché le indicazioni del costruttore del tubo. A reinterro ultimato dovranno essere effettuati tutti gli opportuni interventi di ricarica là dove si siano manifestati cedimenti ed assestamenti.

e) Chiusini in ghisa sferoidale

Il chiusino di ispezione dovrà essere a tenuta stagna, in ghisa a grafite sferoidale secondo norme UNI ISO 1083, con resistenza a rottura maggiore di 400 KN (40 t) conforme alle norme UNI EN 124 Classe D 400 passo d'uomo 600 mm., prodotto in stabilimenti situati nella Comunità Economica Europea, ufficialmente certificati a norma ISO 9001 e provvisto di certificato corrispondente.

La ghisa dovrà presentare una frattura grigia a grana fine, compatta, senza gocce fredde, screpolature, vene, bolle, e altri difetti suscettibili di diminuzione di resistenza. conformemente alle norme UNI 4544 tipo GS500-7 o GS400-12.

Nell'apposito riquadro del suggello e del telaio dovrà essere impressa visibilmente la ragione sociale della ditta fornitrice, e sul solo suggello la dicitura "Città di Torino".

Il telaio avrà sagoma quadrata di lato non inferiore a mm 850, o sagoma rotonda di diametro non

inferiore a mm. 850, con fori ed asole di fissaggio, munito di guarnizione antibasculamento ed autocentrante in elastomero ad alta resistenza, alloggiata in apposita sede.

Il suggello di chiusura sarà circolare con sistema di apertura su rotula di appoggio e tale che in posizione di chiusura non vi sia contatto tra la rotula ed il telaio al fine di evitare l'ossidazione, con bloccaggio di sicurezza a 90 gradi che ne eviti la chiusura accidentale, disegno antisdrucchiolo e marcatura EN 124 D400 sulla superficie superiore.

A richiesta della Direzione Lavori dovranno essere eseguite le prove di trazione su provetta, prova di durezza Brinell e prova di carico che vengono regolate dalla norma UNI-EN 10002/U:

Caratteristiche meccaniche minime

Tipo di ghisa	Resistenza alla trazione (rottura) R	Limite convenzionale di elasticità a 0.2% R0.002	Allungamento % dopo la rottura A	costituente predominante della struttura	Durezza Brinell
GS 500-7	500 N/mm	320 N/mm ²	7	ferrite/perlite	170 - 241
GS 400-12	400 N/mm ²	250 N/mm ²	12	ferrite	201

I valori di resistenza alla trazione sono misurati su provette lavorate a freddo per mezzo di fresatrice tornio o lima di tipo proporzionale di mm 14 di diametro.

I valori di durezza potranno essere misurati direttamente sul manufatto.

Il chiusino dovrà essere garantito ad un carico di prova superiore a 40 tonn. Il carico sarà applicato perpendicolarmente al centro del coperchio per mezzo di un punzone di 250 mm di diametro (spigolo arrotondato con raggio di 3 mm).

La prova si intende superata qualora non si verificano rotture o fessurazioni sul telaio o sul coperchio.

L'Appaltatore è tenuto a sostituire i pezzi che risultino imperfetti e che subiscano rotture o guasti sia prima che dopo la posa in opera e ciò fino alla data di approvazione del collaudo se trattasi di imperfezioni imputabili alla natura dei chiusini, l'appaltatore sarà responsabile dei danni che deriveranno alla Città od a terzi nel caso di rottura o di mancata o ritardata sostituzione dei pezzi.

Il suggello di chiusura dovrà aderire perfettamente al telaio, senza dar luogo a spostamenti o movimenti di sorta al passaggio di carichi stradali.

Inoltre i chiusini dovranno risultare privi di irregolarità, di soffiature, incrinature, vaiolature, stuccature, porosità e di qualsiasi altro difetto.

f) Calcestruzzi

I calcestruzzi, sia armati che non, impiegati per la costruzione delle canalizzazioni, e le malte per intonaci dovranno essere confezionati con l'impiego di cemento pozzolanico.

I getti avverranno in modo che, dopo il disarmo, le superfici che rimangono in vista risultino compatte e non necessitino quindi di regolarizzazione con malta cementizia.

A tale scopo l'impasto dovrà contenere un minimo di acqua, e all'atto del getto, dovrà provvedersi a costipare il conglomerato cementizio in modo da ottenere un getto omogeneo e compatto.

Qualunque sia l'importanza delle opere da eseguire in c.a., all'appaltatore spetta sempre la completa ed unica responsabilità della loro regolare ed esatta esecuzione, in conformità al progetto ed ai tipi esecutivi approvati dall'Amministrazione appaltante.

Per il controllo del calcestruzzo saranno prelevati dei campioni dei getti in corso d'opera e, a lavori ultimati e durante il corso dei medesimi, il Direttore dei Lavori potrà ordinare indagini sugli elementi strutturali in calcestruzzo, con metodologie non distruttive, che dovranno essere eseguite da un laboratorio ufficiale a spese dell'Impresa appaltatrice.

La resistenza caratteristica del conglomerato sarà stabilita dalla Direzione Lavori in base all'impiego e alla natura del lavoro a cui è destinato.

Il conglomerato cementizio sarà confezionato, di massima, con le seguenti proporzioni per mc di impasto e dovrà presentare, a 28 giorni, la resistenza minima a compressione su provino indicata:

- calcestruzzo per sottofondazioni di manufatti Rck 10 N/mm² (100 kg/cm²)
- cemento pozzolanico (dosatura minima) ql. 2,00
- sabbia viva vagliata del Po o della Stura mc. 0,400

- ghiaia o pietrisco vagliato	mc. 0,800
<u>- calcestruzzo per getti, anche se armati di canalizzazioni in genere, canne pozzi di servizio, pozzi d'ispezione e di salto, ecc. Rck 15 N/mm² (150 kg/cm²)</u>	
- cemento pozzolanico (dosatura minima)	ql. 3,00
- sabbia viva vagliata del Po o della Stura	mc. 0,400
- ghiaia o pietrisco vagliato	mc. 0,800
<u>- calcestruzzo per getti, anche se armati di canalizzazioni, manufatti di sfocio e di allacciamento, pareti e fondo camere d'ispezione e salto, ecc Rck 20 N/mm² (200 kg/cm²)</u>	
- cemento pozzolanico (dosatura minima)	ql. 3,00
- sabbia viva vagliata del Po o della Stura	mc. 0,400
- ghiaia o pietrisco vagliato	mc. 0,800
<u>- calcestruzzo per getti armati della soletta di copertura dello sfocio e delle sovrastrutture delle camere d'ispezione: soletta di copertura, torino, soletta a quota strada, ecc Rck 25 N/mm² (250 kg/cm²)</u>	
- cemento pozzolanico (dosatura minima)	ql. 3,50
- sabbia fine e viva vagliata del Po o della Stura	mc. 0,500
- pisello lavato, ghiaia e ghiaietto vagliati	mc. 0,760

g) Malta cementizia e murature

Le malte per la formazione degli intonaci per il rivestimento delle pareti interne dei canali, pozzi di ispezione e opere speciali, saranno confezionate con 7,00 ql di cemento pozzolanico per mc di sabbia viva.

Le malte per i rinzaffi e le cappe, saranno confezionate con 5,00 ql di cemento per mc di sabbia viva; pari dosatura sarà impiegata per la formazione delle malte per murature.

Le murature saranno formate con mattoni pieni, a connesure sfalsate, in corsi ben regolari, con strati di malta dello spessore di 10 mm circa.

h) Casserature e centine

Non si fanno particolari prescrizioni circa il tipo di casseri e di centine da usare; esse dovranno comunque offrire le necessarie garanzie di solidità e di resistenza alla vibratura.

Le superfici del getto dopo il disarmo dovranno risultare regolari, prive di sostanze disarmanti oleose che, se esistenti, dovranno essere raschiate prima dell'applicazione delle sostanze protettive o dell'intonaco.

i) Armature metalliche

La distribuzione dei singoli ferri del tipo Fe B38 ed Fe B44 ad aderenza migliorata, sarà eseguita in maniera uniforme e gli stessi saranno convenientemente distanziati in modo da garantire il perfetto costipamento del calcestruzzo. Le giunzioni dovranno essere fatte possibilmente nei punti di momento nullo, mai nei punti di momento massimo e per una lunghezza pari a 50 diametri.

Al fine di garantire un adeguato copriferro dovranno essere impiegati appositi distanziatori. Essi dovranno consentire un copriferro di almeno 2 cm per la soletta e di 4 cm per travi, pilastri, muri, piedritti e salti.

Analogamente ai campioni di calcestruzzo, saranno prelevati campioni di ferro ed inviati ad un laboratorio ufficiale per le prove di rito, a spese dell'Impresa Appaltatrice.

l) Trasenne e paletti

Trasenne "storiche"

Le trasenne storiche dovranno essere costituite da scatolato in acciaio zincato a caldo esternamente ed internamente e verniciato con smalto epossidico (colore verde RAL 6009) delle dimensioni come indicato di seguito:

- Piantoni: mm. 40x40x3 (spessore) h. 1315 mm.

- Elementi orizzontali: mm. 35x35x3 (spessore) o, a richiesta della Direzione Lavori, di dimensioni e sagomature diverse.

Alla base dei piantoni così come all'intersezione degli stessi con gli elementi orizzontali saranno inseriti dei collarini di rinforzo.

Alla sommità dei piantoni dovrà essere collocato un pomello, in un unico blocco di ghisa artistica, il tutto come da disegni di progetto allegati.

Trasenne "Sant'Andrea"

Le trasenne "Sant'Andrea" dovranno essere costituite da scatolato in acciaio zincato a caldo esternamente ed internamente, verniciato con smalto epossidico (colore verde RAL 6009) delle dimensioni seguenti:

- Piantoni: mm. 40x40x3 (spessore) h. 1200 mm.

- Elementi orizzontali e trasversali: mm. 25x40x3 (spessore) o, a richiesta della Direzione Lavori, di dimensioni e sagomature diverse.

Alla base dei piantoni saranno inseriti dei collarini di rinforzo.

All'intersezione degli elementi trasversali sarà fissata da ambo i lati una piastra circolare del diametro di mm. 66 spessore mm. 6-10 in ghisa artistica riprodotte lo stemma della Città di Torino in rilievo.

Alla sommità dei piantoni dovrà essere collocato un mancorrente sagomato in scatolato di acciaio delle dimensioni di mm. 62x27, agli estremi dei mancorrenti e del sottostante elemento orizzontale dovrà essere saldata una piastra in acciaio dello spessore di mm. 3 opportunamente sagomata e quant'altro come da disegni di progetto allegati.

Paletti dissuasori "Città di Torino"

I paletti dissuasori tipo "Città di Torino" dovranno essere costituiti da tubolare in acciaio zincato a caldo internamente ed esternamente delle dimensioni di mm. 76 di diametro altezza mm. 1050 fuori terra spessore mm. 2,5, chiuso superiormente con un blocco massiccio di ghisa artistica fissato alla sommità del suddetto tubolare.

A richiesta della Direzione Lavori i paletti dovranno essere dotati di anelli saldati al collarino per innesto di catena.

I paletti dovranno essere verniciati con smalto epossidico colore verde RAL 6009 o di colore nero e dotati di una serigrafia riprodotte lo stemma della Città di Torino.

Ai paletti e alle transenne da collocare sui sedimi stradali dovranno essere fissate, a richiesta della Direzione Lavori, due bande adesive tipo scotchlite catarifrangente delle opportune dimensioni, il tutto a cura e spesa dell'appaltatore.

Posa di transenne e paletti:

Le transenne ed i paletti dovranno essere posati su pavimentazioni esistenti in materiale bituminoso, lastre in pietra, masselli in pietra, cubetti in porfido o sienite e dovranno essere posati perfettamente verticali, allineati e allo stesso livello secondo le indicazioni della Direzione Lavori e successivamente fissati con cemento alluminoso.

Per la posa dei manufatti dovranno essere realizzati, sulla pavimentazione esistente, opportuni fori di adatto diametro e per una sufficiente profondità, con macchina carotatrice.

Nelle pavimentazioni in cubetti si dovrà preventivamente estrarre gli stessi per la realizzazione del foro sul sottostante sottofondo in cls.

Successivamente alla posa, ove occorra, si dovrà procedere al ripristino della pavimentazione con analogo materiale esistente.

Nel corso dell'esecuzione dei lavori dovranno essere adottate tutte le cautele necessarie affinché i manufatti non subiscano danni.

Estrazione dei dissuasori esistenti

La rimozione dei dissuasori esistenti dovrà essere fatta con la massima cautela, onde evitare sbrecciature o fessurazioni degli stessi ed il danneggiamento della pavimentazione sottostante. Detti dissuasori dovranno essere caricati su adatto mezzo e trasportati al Magazzino Municipale di Via Buscalioni n 23 o presso altro magazzino della Città indicato dalla D.L. dove dovranno essere accatastati. Ove si renda necessario la Ditta dovrà provvedere al ripristino della pavimentazione esistente.

m) Conglomerato bituminoso stoccabile da applicare a freddo

Conglomerato bituminoso stoccabile da applicare a freddo, composto di pietrisco mm. 3/6, trattato con bitume liquido lussato con olio solvente, percentuale del legante non inferiore al 5% sul peso dell'inerte, con aggiunta di dopes di adesività, il tutto corrispondente alle prescrizioni granulometriche e di dosatura della città, attualmente vigenti, fornito in sacchi;

impastato e confezionato esclusivamente a freddo, pertanto con legante, dopes di adesività ed Flussante che mantengono vergini le loro caratteristiche rispetto ai prodotti lavorati a caldo o semicaldo. Le caratteristiche del materiale fornito e posato devono assicurare che:

- Il legante bituminoso deve avere la massima aderenza a qualsiasi tipo di inerte anche non asciutto;
- Il dosaggio del legante e del Flussante devono essere adatti a garantire la plasticità e viscosità del prodotto per almeno 6 mesi dalla posa in opera;
- Il materiale posto in opera deve assicurare la sua tenuta sulla strada in qualsiasi condizione climatica, in presenza di acqua, gelo con temperature invernali, sovrariscaldamento con temperature estive.

Articolo 37. Attrezzature, mezzi di trasporto e magazzini

I magazzini potranno anche essere ubicati fuori del confine del territorio cittadino, ma ad una distanza da questo, da misurarsi lungo le normali strade di collegamento, non superiore a Km. 15.

Quanto sopra, avuto riguardo agli obblighi particolari che incombono alle imprese in dipendenza di quanto richiesto come obblighi nel presente Capitolato.

Le Ditte aggiudicatrici dovranno fornire se richiesto dalla D.L., per l'esecuzione di lavori sia a

"misura" che in "economia" ed entro le 24 ore dalla richiesta, uno o più dei mezzi d'opera sotto elencati, efficienti e dotati di personale per la loro guida, senza accampare scusanti di sorta per eventuali carenze, ivi compreso il fatto di avere personale e mezzi già impegnati in altri lavori anche se appaltati per conto del Comune:

- n. 1 vibrofinitrice ad assetto variabile per la stesa di materiali bituminosi
- n. 1 escavatore meccanico con benna frontale rovescia intercambiabile
- n. 1 pala meccanica gommata della potenza di oltre 50 HP
- n. 1 rullo compressore statico (per oltre 8 t.) o vibrante (effetto oltre 30 t.)
- n. 3 autocarro con cassone ribaltabile della portata di oltre 8 t.
- n. 3 autocarro con cassone ribaltabile della portata fino a 4 t.
- n. 1 motocompressore
- n. 1 attrezzatura dotata di disco diamantato per taglio di sovrastrutture bituminose
- n. 1 pala meccanica gommata della potenza di oltre 100 HP
- n. 1 pala meccanica cingolata della potenza di oltre 100 HP
- n. 1 motograeder livellatore della potenza di oltre 70 HP
- n. 1 spruzzatrice di leganti stradali con motopompa
- n. 1 autobotte dotata di pompa a pressione (canal jet)
- n. 1 autobotte a gravità
- n. 1 autocarro dotato di gru idraulica
- n. 1 autocarro o motocarro con cassone ribaltabile della portata fino a 17 q.li
- n. 1 piastra vibrante (cm. 60x80) effetto di 500 kg.
- n. 1 rullo compressore (tandem 6-8 t.)
- n. 1 rullo compressore statico oltre 12 t.
- n. 1 motosega
- n. 1 decespugliatore
- n. 1 autocarro con cestello portaoperatore atto alle potature
- n. 1 motofalciatrice potenza non inferiore 8 hp
- n. 1 trattore potenza non inferiore a 80 hp con braccio snodato idraulico portante una trinciatrice della larghezza di metri 0.80 – 1.

- cavalletti, cartelli stradali, lanterne e segnalazioni luminose per sbarramenti.

Nel caso si verificasse la necessità di effettuare interventi urgenti le ditte aggiudicatrici dei suddetti Lotti dovranno essere in grado di mettere a disposizione della D.L. entro un'ora dalla richiesta, almeno due operai ed i seguenti mezzi d'opera e attrezzature:

- escavatore con benna frontale n. 1
- pala meccanica n. 1
- piastra vibrante n. 1
- autoinnaffiatrice con motopompa n. 1
- autocarro di portata non inferiore a 40 q.li n. 1
- motocompressore n. 1
- motosega n. 1
- materiale occorrente per sbarramenti stradali.

Durante il periodo di ferie estive ed invernali, le ditte appaltatrici delle suddette zone dovranno garantire la messa a disposizione di almeno 6 operai e dei mezzi seguenti:

- escavatore con benna frontale n. 1
- rullo compressore (8-12 t.) n. 1
- piastra vibrante n. 1
- spruzzatrice leganti stradali n. 1
- autocarri di portata fino a 17 q.li n. 1
- autocarro ribaltabile n. 1
- cavalletti, cartelli stradali, lanterne e segnalazioni luminose per sbarramenti.

Infine dovrà essere garantita la fornitura dei materiali bituminosi occorrenti per l'esecuzione di opere di manutenzione e di ripristino che rivestiranno carattere di urgenza come previste all'art.44 del presente capitolato.

Qualora la Ditta aggiudicataria di una delle 10 zone manutentive non sia in grado di fornire i materiali e/o i mezzi d'opera sopra elencati, per ogni inadempienza verrà applicata una penalità di € 258,23 giornaliera.

Articolo 38. Ripristini delle manomissioni operate dalle società'

I ripristini delle manomissioni operate sul suolo pubblico dai grandi utenti saranno, di norma, realizzati dagli stessi Enti/Società secondo l'apposito disciplinare approvato dalla Città.

Nel caso di particolari difficoltà da parte dei suddetti Enti, urgenze o altro, le imprese aggiudicatrici dei lotti saranno comunque tenute, in seguito a specifico ordinativo ad eseguire i lavori di ripristino delle pavimentazioni manomesse fino alla concorrenza massima del 20% (venti per cento) dell'importo contrattuale.

Articolo 39. Prelevamento campioni

Durante l'esecuzione dei lavori e comunque prima della stesura dello stato finale, la Direzione dei Lavori si riserva la facoltà di prelevare, in contraddittorio con la ditta esecutrice dei lavori, campioni dei materiali impiegati, di materiali bituminosi, già in opera, estraendo dei tasselli che, chiusi in appositi involucri opportunamente sigillati, verranno inviati ad un Laboratorio Ufficiale di Analisi per ulteriori accertamenti sull'idoneità dei materiali impiegati; se ritenuto necessario dalla D.L., si potranno prelevare campioni di materiale sciolto (prima della stesa) da inviare al laboratorio per effettuare tutti gli accertamenti necessari.

Articolo 40. Disposizioni sull'ordine da tenersi nell'andamento dei lavori

L'Appaltatore dovrà organizzare i lavori in maniera da darli perfettamente compiuti nel tempo previsto dagli ordinativi emessi dalla D.L. e verificando che la condotta degli stessi non riesca pregiudizievole alla buona riuscita delle opere ed agli interessi dell'Amministrazione.

Lo sviluppo dei lavori dovrà essere coordinato e concordato con le Ditte eventualmente impegnate nella realizzazione contemporanea di altre opere nell'ambito del cantiere, in modo da evitare reciproci intralci od interferenze pregiudizievoli al regolare andamento e alla buona riuscita delle opere.

La Direzione Lavori si riserva il diritto di ordinare l'esecuzione di un determinato lavoro entro un prestabilito termine di tempo, o di disporre le modalità esecutive anche in fasi separate, specialmente in relazione alle esigenze viabili, senza che l'Appaltatore possa rifiutarsi o farne oggetto di richiesta di speciali compensi.

Tutti i lavori e le provviste da eseguirsi, sia dentro che fuori del territorio comunale di Torino, saranno di norma eseguiti in seguito a regolari ordinativi rilasciati dalle rispettive Direzioni dei Lavori, corredati ove necessario da più precise indicazioni, norme e disegni esecutivi occorrenti per la regolare esecuzione delle opere stesse.

Le Direzioni dei Lavori avranno la facoltà di fissare nell'ordinativo, ove lo ritenessero opportuno, un termine di ultimazione dei lavori o delle forniture ordinate e a tali termini, una volta fissati, non saranno ammessi per nessuna causa protrazioni di sorta.

Le imprese dovranno iniziare i lavori ordinati entro il più breve possibile, ed in ogni caso non oltre le quarantotto ore dall'ordine di esecuzione; i lavori dovranno essere condotti impiegando un sufficiente numero di operai e di mezzi d'opera attenendosi esattamente alle prescrizioni delle Direzioni dei Lavori.

Quando gli assuntori non incominciassero i lavori nel giorno prescritto dagli ordini dell'Ufficio o non li eseguissero nel termine fissato, saranno passibili di una penale secondo quanto previsto dall'art.9 del presente Capitolato.

Nei casi di assoluta urgenza l'ordine di esecuzione dei lavori e delle provviste potrà essere dato verbalmente o telefonicamente, salvo a tradurlo al più presto per iscritto. In tali eventualità l'intervento delle imprese dovrà essere immediato, anche di notte; a tal fine le ditte dovranno disporre di un sufficiente numero di operai fidati e capaci, sempre reperibili, nonché un'adeguata scorta di materiali per la necessità di un impiego immediato.

Le imprese non potranno accampare scusanti di sorta per eventuali ritardi sull'inizio e sull'ultimazione dei singoli lavori ordinati, ivi compreso il fatto di avere personale e mezzi già impegnati nell'esecuzione di altre opere ordinate in precedenza.

La chiusura di vie, la deviazione o canalizzazione del traffico veicolare sarà decisa esclusivamente dalla Città senza alcun riconoscimento alla Ditta appaltatrice per disagio, lungaggini od altro a causa di lavori eseguiti in presenza di traffico, salvo gli oneri relativi alla sicurezza come indicato nel presente Capitolato.

L'Amministrazione, per motivi insindacabili, può richiedere che in determinate vie della Città l'orario di lavoro sia compreso tra le ore 9 e le ore 17,30 o altro orario o l'effettuazione di particolari lavorazioni con doppi turni giornalieri da stabilirsi di volta in volta, senza che con ciò debba essere riconosciuto alcun maggior compenso alla ditta appaltatrice.

Al fine di ridurre eccessivi rallentamenti e impedimenti al traffico veicolare potrà essere altresì richiesto, a giudizio esclusivo della D.L., che particolari lavorazioni siano eseguite in giornata festiva; i lavori a misura suddetti saranno compensati con l'aumento del 10% dei prezzi contrattuali.

Il ripristino del Suolo Pubblico, manomesso da Privati e da Settori Tecnici diversi, richiesto alla Città con specifica Bolla o altro dai suddetti utenti, dovrà essere eseguito dalla Ditta appaltatrice in seguito a specifico ordinativo della Direzione Lavori.

La durata dell'appalto è prevista fino al 31 dicembre 2023, ma la ditta sarà tenuta comunque a proseguire i lavori sino all'inizio di quelli relativi al successivo anno 2024.

Articolo 41. Turno di guardia festivo e notturno

L'Amministrazione si riserva la facoltà di stabilire, tra le varie ditte aggiudicatarie, a rotazione, turni di guardia festivi, feriali, diurni e notturni, durante i quali le ditte stesse, oltre che ad osservare le disposizioni di cui all'art.7 del citato Capitolato Speciale d'Appalto del 3 dicembre 1951, relative alle comunicazioni telefoniche per gli ordini improvvisi, dovranno pure tenere a disposizione un congruo numero di operai (non meno di due con autocarro) per le esecuzioni di eventuali lavori di pronto intervento; dovranno pure tenere a disposizione un congruo numero di attrezzature per effettuare sbarramenti di strade e deviazioni di traffico (cavalletti, frecce direzionali, divieti di transito, divieti di accesso, luci gialle lampeggianti, luci rosse fisse ecc. secondo le norme del nuovo Codice della Strada).

Tale servizio di guardia verrà compensato unicamente con il pagamento delle eventuali prestazioni effettuate, intendendosi compreso nel prezzo dell'appalto ogni altro onere che dovesse derivare alla ditta per la reperibilità e disponibilità del personale.

Pertanto per i pagamenti suddetti le ditte interessate dovranno presentare, presso gli uffici della Direzione Lavori, regolare nota giustificativa degli interventi effettuati, vistata dal responsabile del turno, entro il quarto giorno lavorativo successivo a quello in cui è stato effettuato il turno di guardia.

Il turno di cui sopra sarà stabilito tra le ditte aggiudicatarie delle opere di ordinaria manutenzione del suolo pubblico secondo l'ordine numerico, in linea di massima, dei lotti, a partire dal primo giorno festivo del periodo di appalto.

Alle Ditte aggiudicatarie, potrà essere richiesta la disponibilità, tra le ore 16,00 e le ore 8,00 del giorno successivo, strutturata in due turni, di due uomini e di un autocarro in supporto e/o in sostituzione del turno di guardia notturno settimanale e la squadra così composta (dotata anche di telefono cellulare) dovrà essere reperibile nel Magazzino dell'Impresa. Il compenso per la sola reperibilità di cui sopra sarà riconosciuto in € 100,00 per ogni turno e le prestazioni effettuate saranno compensate in economia secondo le specifiche tabelle di costo orario.

Articolo 42. Servizio di supporto per lo sgombrò neve

Le ditte aggiudicatarie dell'ordinaria manutenzione saranno inoltre tenute, se richiesto dall'Amministrazione, ad intervenire in appoggio al servizio sgombrò neve, alle medesime condizioni e norme previste per il presente.

I mezzi richiesti per le operazioni di spandimento di sale o sabbia antigelo saranno, in particolare, compensati in base ai prezzi contrattuali della manutenzione, computando il tempo di effettiva disponibilità per il servizio, maggiorato di un'ora per ogni intervento nell'arco delle 24 ore.

Le prestazioni inerenti l'eventuale servizio di insalamento e/o servizio sgombrò neve verranno liquidate sugli appositi capitoli di spesa previsti per i suddetti servizi.

Articolo 43. Servizio di pronto intervento

IL SERVIZIO DI PRONTO INTERVENTO

Per rendere più efficace l'attività manutentiva sul territorio cittadino, l'Amministrazione ha istituito un Servizio di Pronto Intervento (S.P.I.) mirato a risolvere tempestivamente le problematiche riscontrate giornalmente sul suolo pubblico.

Tale servizio sarà attivato singolarmente per tutti i lotti manutentivi del presente appalto.

DURATA DEL SERVIZIO

Il S.P.I. opererà durante il normale orario di lavoro, ma dovrà essere pronto a interventi mirati dalle ore 6:00 e le 22:00, dal lunedì al venerdì e, se necessario, anche al sabato e nei giorni festivi.

Il Direttore dei lavori programmerà giornalmente gli interventi urgenti su cui operare.

LA TIPOLOGIA DEGLI INTERVENTI

Il Direttore dei lavori predisporrà un elenco di queste attività con la loro precisa localizzazione e corredati ove necessario da più precise indicazioni.

I principali interventi che rientreranno in tale attività saranno i seguenti:

- piccole buche stradali;
- ricollocaimento di guide e cordoni divelti o slivellati;
- rattoppi su marciapiedi in asfalto o altro con malta di cemento;
- pulizia griglie di raccolta delle acque meteoriche;
- rimozione erbacce dai marciapiedi e dalle banchine centrali;
- sfalcio di erba dalle banchine sterrate adibite a parcheggio;
- sostituzione dissuasori di sosta e transenne abbattuti o manomessi e nuove pose;
- sistemazione di piccole superfici in cubetti o autobloccanti;

- piccoli assestamenti di masselli o lastre in pietra;
- piccole manutenzioni sulla segnaletica stradale;
- rimozione e posa transenne

nonché ogni altra lavorazione, nolo, provvista e fornitura necessaria per la corretta esecuzione degli interventi richiesti.

DOTAZIONI DELLA SQUADRA DI PRONTO INTERVENTO

Per il S.P.I l'Appaltatore dovrà mettere a disposizione per tutta la durata dell'Appalto, in maniera continuativa, una squadra di almeno due operai, dotata di un autocarro leggero con attrezzature, mezzi e quant'altro necessario per l'esecuzione degli interventi previsti.

La liquidazione della squadra avverrà secondo le indicazioni contenute all'art.35 del presente Capitolato.

L'Appaltatore ha l'obbligo di fornire la squadra operante per il S.P.I. di apparecchio telefonico cellulare affinché essa possa essere reperibile in qualsiasi momento.

La squadra dovrà presentarsi nelle località indicate di volta in volta dalla D.L. ogni giorno lavorativo per ricevere le istruzioni sulle attività da eseguirsi.

Gli operai dovranno indossare le divise color arancio con fasce catarifrangenti previste dalle norme di sicurezza e dal Codice della Strada. L'autocarro dovrà recare sulle fiancate e/o sulle portiere evidente la scritta: "Città di Torino – Servizio di Pronto Intervento"; esso dovrà essere dotato di lampeggianti con luce arancio per gli interventi da eseguire con nelle ore serali o comunque con l'oscurità.

Gli interventi dovranno eseguirsi predisponendo l'opportuna segnaletica stradale di preavviso e deviazione del traffico ed inoltre dovrà essere sempre posizionato (oppure fissato verticalmente sull'automezzo) un cartello delle dimensioni di 80x180 cm con le indicazioni di seguito riportate:



Le predisposizioni relative all'automezzo e alla cartellonistica dovranno essere predisposte inderogabilmente entro 15 giorni dalla consegna dei lavori pena l'applicazione dell'ammenda prevista all'art.10 dello Schema di Contratto allegato al presente Capitolato.

ORDINE, GESTIONE E TEMPISTICA DEGLI INTERVENTI

Tutti i lavori e le provviste da eseguirsi saranno richiesti a seguito di regolari ordinativi rilasciati dal Direttore dei Lavori e dai suoi collaboratori, corredati ove necessario da precise indicazioni sulle modalità di intervento e sui tempi di esecuzione. Le operazioni di pronto intervento saranno coordinate per dai tecnici in servizio presso le Circoscrizioni.

Per tutti gli interventi ordinati la squadra di pronto intervento dovrà dare esplicito resoconto nella giornata lavorativa successiva, riportando per ogni attività svolta gli uomini, mezzi e materiali utilizzati ed il tempo di esecuzione.

L'impresa appaltatrice sarà tenuta ad intervenire in maniera tempestiva e comunque entro le ventiquattro ore successive la richiesta di intervento.

Nei casi di assoluta urgenza l'ordine di esecuzione dei lavori e delle provviste potrà essere dato verbalmente o telefonicamente e successivamente per iscritto. In tali eventualità l'intervento delle imprese dovrà essere immediato non oltre le due ore dalla comunicazione.

A tal fine le ditte dovranno organizzare la squadra per il S.P.I. con operai di adeguata e specifica professionalità, sempre reperibili, nonché predisporre un'adeguata scorta dei materiali di uso comune per la necessità di un impiego immediato.

PENALI

In caso di tardivo intervento oltre i termini prescritti sarà applicata l'ammenda prevista all'art. 9 del

presente Capitolato.

Se tali inadempienze saranno più volte riscontrate, il Direttore dei lavori, sentito il Responsabile del Procedimento, potrà procedere alla rescissione del contratto, prevista dalle norme vigenti.

Articolo 44. Obblighi ed oneri dell'appaltatore

1) L'Impresa aggiudicataria sarà tenuta all'osservanza delle disposizioni vigenti, relative all'assunzione obbligatoria degli appartenenti a categorie aventi particolari benemerienze e segnatamente alle disposizioni riguardanti il collocamento obbligatorio degli invalidi per servizio, degli invalidi militari e civili di guerra, degli orfani di guerra ed equiparati di cui alle Leggi 3.6.1950 n.375, 24.2.1953 n.142 e 13.3.1958 n.365.

2) Durante il corso dei lavori l'impresa è tenuta a dimostrare con regolare dichiarazione di aver versato i dovuti contributi previdenziali (DURC);

3) Valgono inoltre i seguenti obblighi particolari:

a) L'impresa aggiudicataria dei lavori in oggetto è tenuta ad adottare tutte le cautele necessarie per garantire la vita e l'incolumità degli operai, delle persone addette ai lavori stessi e dei terzi. Inoltre l'impresa è tenuta ad impiegare solamente quei materiali consentiti dalle leggi e norme in materia. Ogni più ampia responsabilità in caso di inconvenienti od infortuni ricadrà pertanto sull'appaltatore, restando pienamente sollevata l'Amministrazione, nonchè il suo personale preposto alla Direzione Lavori.

b) L'impresa dovrà provvedere, a suo completo carico, all'eventuale formazione dei cantieri, all'apposizione e manutenzione dei segnali, dei cartelli indicatori, dei cavalletti, ecc. nel rispetto delle norme di sicurezza per l'esecuzione di lavori in presenza di traffico, il tutto secondo le disposizioni del D.L. 30.4.1992.n. 285 Nuovo Codice della Strada e D.P.R. 16.12.1992 N. 495 Regolamento di Esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada; le ulteriori provviste, installazioni, lavorazioni, ecc., non contemplate dai suddetti Decreti ed indispensabili per la sicurezza, saranno compensate dalla Città sulla base dell'apposito Elenco Prezzi. La ditta sarà responsabile comunque verso terzi di qualunque inconveniente o danno che potesse derivare dalla inosservanza delle vigenti leggi in materia sopra richiamate.

L'Impresa dovrà inoltre provvedere all'accertamento prima dell'inizio dei lavori, della presenza dei cavi e della tubazioni nel sottosuolo interessato dall'esecuzione delle opere. Ogni più ampia responsabilità derivante dal danneggiamento dei medesimi, per l'esecuzione dei lavori, ricadrà pertanto sull'appaltatore.

c) La ditta dovrà provvedere alla sorveglianza, sia di giorno, sia di notte, con il personale necessario, dei cantieri e delle zone interessate, dei lavori, oltre che di tutti i materiali impiegati o da impiegare.

d) La ditta sarà tenuta a far eseguire a sua cura e spese, i rilievi fotografici che la Direzione dei Lavori riterrà opportuni per la necessaria documentazione dello stato di fatto prima durante e dopo l'esecuzione delle opere.

e) La tassa di occupazione spazi ed aree pubbliche relativa allo steccato di cantiere, recinzioni ecc., necessari per l'esecuzione dei presenti lavori non è dovuta in quanto a carico della Civica Amministrazione, proprietaria dell'opera.

f) La ditta è responsabile della rispondenza alle norme del Codice della Strada degli automezzi muniti di eventuali attrezzature, anche se le attrezzature sono fornite dalla Città, sia in ordine di trasferimento che di lavoro.

g) Qualora il Cantiere interessasse aree al di sotto di linee aeree in tensione, la Ditta dovrà adottare tutti gli opportuni provvedimenti nel rispetto delle norme di sicurezza e del Piano di Coordinamento e Sicurezza.

h) Sino a che non sia intervenuto con esito favorevole il collaudo definitivo delle opere, la manutenzione delle stesse deve essere fatta a cura e spese dell'Impresa.

i) L'eventuale cessione di credito potrà essere concessa esclusivamente dopo formale atto deliberativo, secondo le norme vigenti.

l) Durante il periodo di esecuzione dei lavori l'impresa appaltatrice è tenuta a garantire la presenza continua del capo cantiere e, inoltre, la presenza di un tecnico di propria fiducia ogni qualvolta ciò sia richiesto dalla D.L.

m) L'esecuzione a propria cura e spese presso gli istituti incaricati di tutte le prove che verranno ordinate dalla D.L. sui materiali impiegati.

n) A far reperire in cantiere, per tutta la durata dei lavori, apposita blocchiera regolamentare per la formazione dei campioni d'impasto, da trasmettere, a sua esclusiva cura, ad un laboratorio ufficiale, per le usuali analisi e prove. Inoltre potranno essere ordinate prove e analisi su un chiusino presso un laboratorio ufficiale, per accertare la rispondenza ai requisiti richiesti. Le prove e le analisi di cui sopra, compresa la fornitura del chiusino, saranno a cura e spese dell'Impresa appaltatrice.

o) Per quanto riguarda lo smaltimento dei materiali di scavo (inerti e materiali terrosi), provenienti dal

cantiere oggetto dell'appalto, l'impresa aggiudicataria dovrà provvedere a conferirli per lo smaltimento presso apposite discariche specializzate.

p) E' fatto obbligo all'impresa appaltatrice di dotarsi di n.1 cartello di cantiere, in osservanza del Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 1 giugno 1990, circolare n.1729/UL.

Il **cartello di cantiere** sarà in laminato delle dimensioni indicate dalla D.L., sulla base del Manuale Comunicazione della Città "*Torino non sta mai ferma*" (o comunque indicati dalla D.L.) su cui inserire i vari disegni e le informazioni tecniche, tutti opportunamente plastificati sul supporto o serigrafati.

La struttura segnaletica dovrà essere collocata in prossimità del cantiere, in modo che le indicazioni riportate siano ben visibili e leggibili.

L'impresa è obbligata a definire preventivamente con la D.L. l'immagine complessiva del cartello prima della sua realizzazione.

q) Le imprese appaltatrici/esecutrici si impegnano a conservare, presso la loro sede di lavoro, le comunicazioni obbligatorie anticipate effettuate al Centro per l'Impiego ex art. 39 del D.L. 112/2008 convertito con modifiche dalla L. 133/2008, anche al fine di rendere meno invasiva ed affannosa per le stesse imprese la fase di una eventuale verifica ispettiva da parte degli Organi di Vigilanza.

r) Le imprese appaltatrici/esecutrici si impegnano ad applicare, ai sensi del D.Lgs. 72 del 25.02.2000, ai lavoratori extracomunitari distaccati in Italia, durante il periodo di distacco, le medesime condizioni di lavoro previste da disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative, nonché da CCNL di riferimento applicabili ai lavoratori nazionali occupati nello stesso posto di lavoro, ivi compresa l'iscrizione alla Cassa Edile ove prevista.

s) Le imprese appaltatrici/esecutrici sono obbligate a far effettuare, ai lavoratori che accedono per la prima volta al settore edile, 16 ore di formazione in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro presso l'Ente Scuola CIPET, come previsto dal CCNL Edile del 18.06.2008.

t) L'impresa dovrà provvedere affinché nei cantieri della Città di Torino tutti i lavoratori presenti a qualsiasi titolo siano muniti di apposita **tessera di riconoscimento** corredata di fotografia, contenente le generalità del lavoratore e l'indicazione del datore di lavoro, ex art. 18, comma 1, lett u) D.Lgs. 81/2008;

u) L'impresa è tenuta ad applicare e far applicare, a tutti i lavoratori impiegati nella realizzazione di opere edili ed affini, il trattamento economico e normativo previsto dal CCNL Edilizia ed affini di riferimento e dai relativi accordi integrativi, inclusa l'iscrizione alla Cassa Edile. Per le attività non ricomprese nel settore edile, l'obbligo dell'adozione e del rispetto del trattamento economico e normativo di cui al CCNL di riferimento e ai relativi accordi integrativi.

Saranno a cura della Stazione Appaltante, le comunicazioni di legge previste dall'art. 99 D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. (notifica preliminare), prima dell'inizio dei lavori, agli Enti competenti.

Articolo 45. Disposizioni generali relative ai prezzi dei lavori a misura e delle somministrazioni per opere in economia

Tutti i lavori saranno contabilizzati a "misura", salvo quelli che la Direzione Lavori riterrà di far eseguire in "economia".

I prezzi unitari in base ai quali saranno compensati i lavori a misura e le somministrazioni per opere in economia oggetto del presente appalto, sono quelli contenuti **Elenco Prezzi dei materiali e delle opere edili della Regione Piemonte Febbraio 2023**; i prezzi della mano d'opera da applicare sono quelli del Contratto Provinciale di Lavoro (paga più oneri) in vigore il giorno dell'esecuzione dei lavori.

Tali prezzi saranno soggetti alla variazione offerta dalla ditta nella gara di affidamento, con l'avvertenza che per la mano d'opera in economia la variazione offerta sarà applicata soltanto sull'aliquota di maggiorazione per utili e spese generali, restando fissa ed invariata la restante parte costituente la tariffa oraria base.

Tutti i prezzi sopra richiamati resteranno fissi ed invariabili per tutta la durata del contratto. Gli stessi prezzi si intendono tutti comprensivi, oltre che dell'utile dell'imprenditore, anche delle percentuali per spese generali, tasse diverse, interessi, previdenza ed assicurazione operai, ecc.

Le opere, le prestazioni e le forniture relative alla sicurezza saranno compensate, sulla base dell'apposito Elenco prezzi, senza l'applicazione della variazione di gara.

Inoltre essi compensano, ove non sia esplicitamente disposto diversamente:

a) circa gli operai: ogni spesa per fornire gli stessi di attrezzature utensili, per premi di assicurazioni sociali, per trasporti da e per il cantiere, ecc.

b) circa i materiali: ogni spesa per fornitura, trasporto, calo, sfridi, perdite, ecc. che venga sostenuta per darli pronti all'impiego a piede di qualunque opera;

c) circa i noli: ogni spesa per dare a piè d'opera i macchinari e i mezzi pronti al loro uso;

d) circa i lavori di misura: tutte le spese per forniture, lavorazione, mezzi d'opera, assicurazioni di ogni specie, carichi, trasporti e scarichi in ascesa e in discesa, ecc. e per quanto occorre per dare il lavoro compiuto a regola d'arte, intendendosi nei prezzi stessi compreso ogni compenso per tutti gli oneri che

l'appaltatore dovrà sostenere a tale scopo, anche se non esplicitamente detti o richiamati nei vari articoli e nell'elenco prezzi.

Negli eventuali lavori eseguiti in economia, nei quali cioè la liquidazione è fatta in base a giornaliero della mano d'opera, l'imprenditore è responsabile della diligenza e della capacità del personale dipendente, del suo rendimento sul lavoro, della sua esatta osservanza dell'orario stabilito, nonché della buona esecuzione dei lavori.

Per i lavori in economia saranno destinati dall'imprenditore operai appositi, bene accettati dalla Direzione Lavori, i quali non potranno assolutamente essere occupati in aiuto a quelli che lavorano per le opere a misura; verificandosi questo caso, la loro giornata non sarà retribuita. In ogni caso spetta alla Direzione Lavori di determinare quali parti di lavoro siano da eseguirsi ad economia.

Articolo 46. Materiali e prezzi non compresi nell'elenco

Qualora necessitassero prezzi per opere o forniture non contemplati nell'Elenco Prezzi, i nuovi prezzi saranno ricavati totalmente o parzialmente da nuove analisi.

I nuovi prezzi così valutati saranno soggetti alla variazione di gara; la relativa applicazione sarà subordinata all'approvazione del necessario provvedimento deliberativo.

La Direzione Lavori potrà anche procedere, per materiali non compresi nell'elenco, ad acquisti diretti, trasmettendo poi le fatture all'impresa assuntrice la quale avrà l'obbligo di pagarla alle ditte fornitrici entro 15 giorni.

L'importo di tali fatture, regolarmente quietanzate, sarà portato in contabilità quale rimborso di spesa anticipata con la maggiorazione del 6% (annuo) a titolo di interesse da corrispondere all'appaltatore sulle somme anticipate dell'impresa.

L'importo delle singole fatture non è soggetto a limitazioni ma il loro ammontare complessivo non potrà superare il 5% dell'importo dell'appalto, (art.67 del Capitolato Generale di Condizioni per gli Appalti Municipali C.C 6/7/1964, N. 1063).

Articolo 47. Misurazione e valutazione delle opere

Per la misurazione e valutazione delle opere valgono, per quanto non in contrasto con le norme contenute in questo Capitolato Speciale d'Appalto, le norme del citato Capitolato speciale 3/12/1951, con le seguenti avvertenze:

a) nei lavori in economia sarà retribuita la sola mano d'opera effettivamente prestata in cantiere.

Per i suddetti lavori da eseguirsi in ore diverse dal normale orario di lavoro, e in seguito a preciso ordine della Direzione Lavori, le paghe orarie saranno aumentate delle percentuali sindacali, previste per ogni categoria.

b) per i lavori e le opere a misura da eseguirsi in ore diverse del normale orario di lavoro non verrà concesso aumento alcuno, tranne che per le giornate festive, come da art 41 del presente Capitolato.

c) i prezzi dei noli, ove non sia espressamente disposto in modo diverso nei relativi articoli dell'Elenco Prezzi, si intendono comprensivi di ogni onere, provvista e mano d'opera occorrente per il funzionamento dei mezzi (autisti o manovratori, carburanti, lubrificanti, equipaggiamenti di lavoro ecc).

Nelle prestazioni dei mezzi d'opera saranno computate soltanto le ore di effettivo funzionamento in cantiere.

In ogni caso non sarà riconosciuto alcun altro compenso per il trasporto del mezzo sul luogo d'impiego.

d) Per i materiali dati in provvista l'approvvigionamento si intende fatto anche con scarico frazionato a piè d'opera o nei magazzini municipali o nei luoghi indicati per il deposito; il prezzo dei trasporti sarà applicato solamente quando il materiale già provvisto in località designate dall'ufficio sia in seguito ricaricato, trasportato e scaricato in luogo d'impiego diverso dal primitivo.

Quando la misura dei materiali sia fatta direttamente sui veicoli nessun aumento di volume verrà conteggiato per il costipamento subito dai materiali stessi durante il trasporto.

e) Le dimensioni nominali degli spessori dei vari materiali usati nel realizzare l'opera sono soggetti a tolleranza derivante esclusivamente da errori accidentali e sistematici.

Ciò non toglie comunque che nell'insieme dell'opera si debba riscontrare il rispetto di tali spessori nominali accertati mediante un opportuno numero di sondaggi stabilito dalla D.L.

Nel caso che tale media non rispetti gli spessori di progetto ma a giudizio della D.L. non pregiudichi la funzionalità dell'opera si procederà:

I) alla deduzione del materiale mancante contabilizzandolo sulla base dei prezzi contrattuali, oltre all'ammenda di € 258,23.=.

II) all'applicazione di una penalità pari al 5% del costo netto contrattuale dello strato in esame con un minimo di L. € 258,23, oltre all'ammenda di € 258,23.=.

In merito alla lunghezza di elementi lapidei (cm.90) sono ammessi pezzi più corti non inferiori a cm.50

(salvo casi particolari) per un numero non superiore al 10% del totale fornito.

Circa l'altezza di detti elementi è ammessa una tolleranza in meno, sulle dimensioni nominali, dell'8% (otto per cento).

f) Scavi e trasporti

1) Gli scavi si intendono da eseguire in terreni di qualunque natura e consistenza.

2) Gli sbadacchiamenti e le armature eventualmente necessari, anche se non recuperabili, sono già compensati nei prezzi degli scavi stessi.

3) I prezzi degli scavi, ove non sia meglio specificato, sono comprensivi delle operazioni di carico del materiale sul mezzo di trasporto e dell'eventuale accumulo nell'ambito del cantiere, per deposito o per formazione di rilevati stradali..

4) Prima di iniziare qualsiasi scavo, l'appaltatore dovrà provvedere a rilevare, in contraddittorio con la Direzione Lavori, le sezioni geometriche per il computo dei volumi, collegate agli opportuni capisaldi, rintracciabili anche dopo eseguiti i lavori, tali sezioni dovranno essere vistate dall'appaltatore in segno di accettazione prima di iniziare gli scavi.

5) Il volume degli scavi o dei riporti sarà sempre computato con il metodo delle sezioni ragguagliate, rilevate in contraddittorio prima di eseguirli, senza tener conto alcuno dell'aumento di volume delle materia dopo lo scavo e misurato secondo quanto previsto dal Capitolato Generale.

6) Si considerano scavi di incassamento e verranno contabilizzati secondo il prezzo di cui all'articolo relativo, i movimenti di terra compresi tra il fondo cassonetto e una linea retta ideale passante in orizzontale ad un'altezza di cm.50 al di sopra della più alta quota di ogni sezione.

7) I prezzi dei trasporti relativi ai materiali di scarico sono comprensivi dello scarico e successivo spianamento.

8) I trasporti dei materiali di risulta dovranno essere effettuati alle discariche mediante Trasportatori autorizzati.

g) Pavimentazioni bituminose

1) Nell'esecuzione di tappeti bituminosi o di trattamenti superficiali, i relativi prezzi si intendono comprensivi di tutti gli oneri necessari per eseguire il lavoro a perfetta regola d'arte, ivi compresa la perfetta pulizia dei suggelli delle griglie e dei chiusini di qualsiasi pozzetto che risultassero coperti di materiali bituminosi, nonché la posa di listelli di legno per la protezione di tutti i bordi e i margini comunque delimitanti le pavimentazioni.

2) Il controllo della lavorazione dei quantitativi dei materiali previsti verrà effettuata in corso d'opera dalla D.L. mediante l'accertamento degli spessori e delle superfici prescritti.

Articolo 48. Nuovi prezzi

I prezzi unitari in base ai quali saranno compensati i lavori a misura e le somministrazioni per opere in economia oggetto del presente appalto, sono quelli contenuti dall'**Elenco Prezzi dei materiali e delle opere edili della Regione Piemonte Febbraio 2023**, oltre a quelli qui di seguito elencati per i quali si allegano le analisi prezzi dettagliate.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 15:

MONITORAGGI

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. P. De Martini		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023

INDICE

1.	DEFINIZIONI.....	1
1.1	Ruoli e responsabilità	1
2.	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	2
3.	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	2
4.	MATERIALI E STRUMENTAZIONE	2
4.1	Generalità.....	2
4.2	Strumentazione e sensori.....	3
4.3	Cablaggi e centralizzazioni	7
5.	MODALITÀ DI POSA STRUMENTI	7
5.1	Generalità.....	7
5.2	Prescrizioni per le installazioni	7
6.	MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE MISURE E PRIMA ELABORAZIONE DATI	11
6.1	Generalità.....	11
6.2	Prescrizioni per le misure	11
7.	MODALITÀ DI ELABORAZIONE, GESTIONE E RESTITUZIONE DELLE MISURE	14
8.	CONTROLLI DI QUALITÀ.....	16
8.1	Generalità.....	16
8.2	Controlli generali	16
8.3	Qualificazione del personale.....	17
8.4	Controlli sui materiali, attrezzature e documentazione	17
9.	DEFINIZIONE DEL PIANO DI GESTIONE DELLE EMERGENZE	17
9.1	Superamento soglie di attenzione.....	19
9.2	Superamento soglie di allarme	20
9.3	Gestione della fase di emergenza	20

1. DEFINIZIONI

Il monitoraggio è finalizzato alla quantificazione degli effetti indotti dalla realizzazione delle opere d'arte oggetto dell'Appalto nell'ambiente circostante (geologico, idrogeologico, urbano, naturale) ed alla relativa prevenzione dei rischi derivati. I controlli e i monitoraggi dovranno essere eseguiti durante la fase di costruzione del lotto in oggetto, al fine di verificare le ipotesi di progetto, adattarle ove necessario, ed operare, nel rispetto della sicurezza e dei tempi di realizzazione, la gestione delle aleatorietà e degli imprevisti, alla luce dell'eterogeneità del contesto geologico-geotecnico in questione.

La presente sezione ha lo scopo di descrivere e standardizzare le fondamentali operazioni che si andranno a svolgere, nei vari cantieri:

- fornitura ed installazione degli strumenti;
- letture degli strumenti;
- elaborazione delle letture;
- trasmissione dei risultati alla Direzione Lavori.

I requisiti generali del sistema di monitoraggio che dovrà essere implementato durante il corso dei lavori saranno i seguenti:

- esecuzione del servizio in un piano di qualità globale secondo le normative standard ISO 9000;
- coerenza con la normativa vigente nelle modalità di rilevamento e nell'uso della strumentazione;
- programmazione delle attività di monitoraggio e definizione delle procedure di attuazione;
- utilizzo di metodologie validate e di comprovato rigore tecnico-scientifico;
- utilizzo di parametri indicatori delle deformazioni che siano facilmente misurabili ed affidabili, nonché rappresentativi delle varie situazioni strutturali sotto controllo;
- scelta delle configurazioni dei vari allineamenti in cui è strutturato la rete di monitoraggio in modo da affrontare in modo positivo le varie interferenze e che rappresentino i valori di criticità/sensibilità dell'ambito monitorato;
- frequenza delle misure adeguata al fenomeno da misurare;
- tempestività di segnalazione di eventuali anomalie di comportamento connesse alle lavorazioni in corso;
- restituzione delle informazioni in maniera strutturata, di facile utilizzo e con possibilità di correlazione con eventuali elaborazioni modellistiche.

1.1 Ruoli e responsabilità

Si evidenziano di seguito i ruoli e le responsabilità nello svolgimento delle attività di monitoraggio descritte nei capitoli seguenti:

a carico dell'Appaltatore:

- la redazione dei disegni costruttivi di dettaglio di installazione degli strumenti;
- la fornitura e l'installazione degli strumenti;
- l'esecuzione delle letture degli strumenti, le prove ed i controlli previsti nel piano di monitoraggio;
- l'immediata comunicazione alla D.L. in caso di eventuale superamento delle soglie di guardia
- la trasmissione alla D.L. in forma cartacea e digitale dei dati entro 24ore dalla data di misura;
- il progetto costruttivo, anche in funzione delle risultanze dei monitoraggi e delle evidenze in sito (campo prove, indagini integrative,...) delle opere di presidio e degli interventi di consolidamento che si rendessero necessari per evitare danneggiamenti a edifici e a strutture esistenti o in progetto;

a carico dell'Ente Committente, con possibilità di affidare tali attività a soggetto terzo in possesso di competenze specifiche (Progettista, D.L., Consulenti specialisti,...):

- la supervisione delle attività di controllo e monitoraggio;
- il pilotaggio e l'adeguamento in corso d'opera del piano di monitoraggio;
- le eventuali misure di zero in affiancamento con quelle rilevate dall'Appaltatore e di controllo periodico in contraddittorio;
- le misure periodiche di taratura;
- l'interpretazione delle misure;
- l'analisi ed il confronto con le ipotesi di progetto;

- la valutazione dell'adeguatezza e/o necessità di adeguamento progettuale (anche dell'idoneità delle soglie di guardia e l'eventuale adeguamento in corso d'opera di dette soglie);
- la validazione degli eventuali progetti costruttivi degli interventi di consolidamento.

L'adeguamento costruttivo del piano di monitoraggio dovrà essere sottoposto dall'Appaltatore all'approvazione della D.L. prima dell'inizio delle lavorazioni.

2. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Prima di iniziare i lavori l'Appaltatore provvederà ad installare con adeguato anticipo gli strumenti previsti dagli elaborati di progetto, eseguire le tarature strumentali e le misure di azzeramento, nonché consegnare tutta la documentazione di installazione e gli elaborati di misura alla Direzione dei Lavori. Nel corso delle attività costruttive, in riferimento all'avanzamento dei lavori, la strumentazione sarà dall'Appaltatore progressivamente integrata, mantenuta e sottoposta a letture, la cui frequenza è definita nel progetto in base all'avanzamento stesso. Ogni lettura sarà raffrontata dall'Appaltatore ai limiti di attenzione e di allarme definiti dal progetto ed eventuali superamenti saranno segnalati tempestivamente alla Direzione Lavori. Le elaborazioni delle misure saranno effettuate tempestivamente dall'Appaltatore e consegnate alla Direzione Lavori nei formati di seguito descritti.

Tutti gli strumenti installati saranno mantenuti efficienti sino alla chiusura dei lavori e consegnati in buone condizioni alla Stazione Appaltante, come tutti i dati relativi alle forniture, installazioni, tarature, letture ed elaborazioni.

3. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

- a) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere a quanto necessario affinché tutte le installazioni siano coerenti allo schema di progetto e identificate topograficamente rispetto ad un unico sistema di coordinate progetto. La reale posizione degli strumenti installati dovrà essere comunicata alla Direzione Lavori con opportuni disegni.
- b) L'Appaltatore è obbligato a recepire ed integrare nella sua rete gli strumenti di monitoraggio già presenti da precedenti fasi del progetto.
- c) Tutte le operazioni di verifica della fornitura e tutte le operazioni di installazione e collaudo dovranno essere eseguite dall'Appaltatore avendo come scopo finale l'affidabilità e la durata degli impianti di monitoraggio.
- d) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere a quanto necessario ad evitare manomissioni della rete di strumenti. Nel caso in cui, per esigenze di lavoro o in conseguenza di avvenimenti (anche non dipendenti dall'Appaltatore) di qualsiasi natura, gli strumenti risultassero manomessi, sarà cura dell'Appaltatore provvedere ai necessari ripristini.
- e) Sarà cura dell'Appaltatore, ove richiesto, mettere a disposizione della Direzione Lavori del Committente la documentazione, la strumentazione e il personale tecnico e ausiliario necessari per la effettuazione delle misure che la stessa ritenesse opportuni per eventuali controlli in fase di costruzione.
- f) La correttezza dell'installazione e delle misure in corso d'opera rimane responsabilità dell'Appaltatore che dovrà, comunque, dimostrarne la correttezza su richiesta della Direzione Lavori

4. MATERIALI E STRUMENTAZIONE

4.1 Generalità

I sistemi forniti dall'Appaltatore dovranno essere composti da strumenti e apparecchiature che abbiano raggiunto un elevato grado di affidabilità e che sia stato possibile sperimentare per lungo tempo di funzionamento in opera (diversi anni). Il livello di affidabilità dovrà comunque essere documentabile e dimostrabile da parte del fornitore a garanzia del buon funzionamento dei sistemi forniti. Apparecchiature di recente produzione potranno essere proposte alla Direzione Lavori purché documentate con test di durata e di affidabilità eseguiti in laboratori ufficialmente riconosciuti e che siano quindi in grado di fornire certezze sul loro funzionamento a lungo termine.

L'Appaltatore dovrà garantire l'uniformità e l'interfacciabilità per la maggior parte dei componenti del sistema. Nella scelta del tipo tecnica di misura, e quindi del tipo di sensore, l'Appaltatore dovrà adottare criteri di massima uniformità e di massimo livello di interfacciamento possibili per i singoli elementi tra di loro, ovunque essi siano posizionati. In tal modo sarà possibile garantire una facile utilizzazione, manutenzione e gestione di tutto il sistema.

La determinazione del singolo fenomeno fisico dovrà avvenire, per quanto possibile, per mezzo di tecniche di misura e di sensori che seguano gli standard industriali più correnti. In tal modo tutti i sensori, ad eccezione di casi singolari autorizzato dalla Direzione Lavori, potranno essere alimentati e misurati con apparecchiature facilmente reperibili sul mercato industriale.

L'affidabilità sopra richiesta sarà raggiunta con materiali che garantiscano la massima durata nel tempo e la cui installazione consenta comunque di eseguire controlli incrociati utilizzando diverse tipologie di sensori che misurino in modo diretto od indiretto, lo stesso fenomeno fisico. Lo scopo di quanto sopra è quello di mantenere in efficienza un numero di sensori ampiamente sufficiente a costituire un sistema di monitoraggio affidabile in fase di esercizio.

4.2 Strumentazione e sensori

La scelta degli strumenti da impiegare da parte dell'Appaltatore dovrà avvenire in base a criteri che siano in grado di garantire l'ottenimento delle misure programmate nelle condizioni previste.

Tali criteri già anticipati ed ampiamente descritti precedentemente sono:

- Caratteristiche tecniche adeguate allo scopo finale, dettagliate e controllabili a livello di tutta la componentistica.
- Il più elevato possibile livello di affidabilità e durata anch'esso documentabile e verificabile.
- Interfacciabilità dei sensori utilizzando il più possibile gli standard di mercato.

La scelta della tipologia di strumentazione e sensori dovrà essere preventivamente autorizzata dalla Direzione Lavori.

La strumentazione utilizzata dovrà rispondere alle caratteristiche di accuratezza e campo di misura riportate nelle tavole di progetto.

Ciascun sensore dovrà essere corredato di opportuna scheda che ne contenga le principali caratteristiche (marca, tipo, caratteristiche meccaniche ed elettriche) e dovrà essere evidenziata anche una sigla coerente con gli elaborati grafici di progetto che individui, senza possibilità di errore e di incertezza, il singolo strumento. Tale sigla dovrà essere indicata con chiarezza ed in modo indelebile anche sul corpo dello strumento stesso (o con apposita targhetta), in modo tale che sia visibile facilmente in caso di controlli ed in occasione di manutenzioni.

Nel seguito sono riportate le caratteristiche minime delle forniture, che l'Appaltatore dovrà verificare all'atto della consegna in cantiere di ogni fornitura.

Tubo inclinometrico (IN) ed inclino-estensimetrico (EN)

Il tubo fornito dovrà essere in materiale plastico (ABS) e dotato di guide di riferimento e scorrimento per sonda inclinometrica, disposte su due diametri tra loro ortogonali (spiralatura $<0.3^\circ/m$). Il diametro interno della tubazione dovrà essere non inferiore a 60mm.

Nel caso di inclino-estensimetri il tubo dovrà essere attrezzato ogni metro con basi di misura metalliche per estensimetro incrementale tipo "INCREX" o con basi magnetiche per strumenti tipo "T-REX".

Riscontri topografici plano-altimetrici e di convergenza (CTC)

Per i controlli plano-altimetrici è prevista la messa in opera di riscontri costituiti da tasselli metallici o barre ad aderenza migliorata con teste filettate (filettatura e sezione ridotte e liscia di battuta del tipo utilizzato per chiodi di convergenza).

Per le sezioni di convergenza dovranno essere inoltre previsti riscontri di tipo ambivalente per misure ottiche o con distometro a nastro, costituiti da barre in acciaio ad aderenza migliorata di lunghezza pari a 15cm muniti di piastrina quadrata in anticorodal recante un doppio target riflettente di dimensione minima 40x40mm dotato di reticolo di collimazione.

Per la realizzazione dei capisaldi di riferimento per misure plano-altimetriche dovranno essere previsti un adeguato numero di riscontri posizionati all'esterno dell'area influenzata dagli scavi, su manufatti lontani da possibili cause di deformazioni e/o vibrazioni. In ogni caso un certo numero di capisaldi dovrà essere

posizionato in pozzetti con chiusino nei quali verranno messe in opera con adeguata cementazione barre del tipo descritto per i riscontri per misure plano-altimetriche ma di lunghezza minima 0.5m. Ogni estremità filettata dovrà essere munita di tappo di protezione.

Per le misure ottiche si dovrà avvitare ai riscontri precedentemente descritti una mira quadrata in materiale anticorrosivo con doppia fascia riflettente (optical targets), di dimensioni minime 40x40mm, dotata di reticolo di collimazione.

Riscontri di Livellazione (CPL, L)

È prevista la fornitura di due tipologie di riscontri per misure di livellazione.

Come punti di misura di tipo A (CPL: rete viaria, marciapiedi, punti particolarmente trafficati o delicati) e come capisaldi di livellazione è previsto l'uso di barre in acciaio (L=0.5m) cementate nel terreno, protette da pozzetto carrabile e adeguatamente attrezzate con una testa emisferica in materiale metallico inossidabile.

Per i punti di tipo B (L: edifici) è prevista la messa in opera di riscontri metallici a testa sferica inossidabile (resinati o solidarizzati con tasselli metallici) fissati su manufatti (muri, ecc.) ad un'altezza di circa 0.5÷1 m dal piano campagna.

Basi per deformometro elettrico o meccanico uniassiale mobili sugli edifici (FS)

Per il monitoraggio di eventuali fessure sui manufatti, dovranno essere fornite basi di misura metalliche per lettura con deformometro millesimale removibile, costituiti da dischi metallici di acciaio inox con negativo conico tarato per l'inserimento nella punta di un comparatore elettrico mobile.

I dischi saranno installati sulla parete fessurata in direzione opposta allo sviluppo delle fessure con l'aiuto di una guida (fornita insieme al comparatore).

Barrette estensimetriche (BE, BL, BEA)

Gli estensimetri di tipo a corda vibrante dovranno essere adatti all'installazione su ferri di armatura o inglobati nei getti di cls (campo di misura +/- 1500 $\mu\epsilon$, accuratezza +/- 1 $\mu\epsilon$). I trasduttori di deformazione dovranno essere sempre abbinati ad un sensore di temperatura incluso nel trasduttore stesso.

Celle pressiometriche (CPT, CPR)

Le celle pressiometriche da utilizzarsi dovranno essere di tipo idraulico con trasduttore di pressione elettrico a corda vibrante, dotate di sistema di ripressurizzazione. Sono previste due tipologie in base all'installazione: radiali (CPR) o tangenziali (CPT).

Le dimensioni ed il campo di misura delle celle pressiometriche dovrà essere concordato preventivamente con la Direzione Lavori; in linea di massima le caratteristiche dovranno essere:

- celle radiali (CPR): dimensione 150*150mm, campo di misura è variabile fra 0-2MPa;
- celle tangenziali (CPT) dimensioni 200*200mm, il campo di misura 0-20MPa.

Il sensore di misura dovrà consentire una accuratezza di misura migliore del 0.025% del fondo scala, i campi di misura dei due sensori sono congruenti al tipo di cella prevista.

Il corpo della cella dovrà essere in acciaio inox o adeguatamente protetta contro fenomeni di ossidazione e corrosivi.

Deformometri elettrici o meccanici mobili

L'installazione di riscontri per comparatore mobile dovrà essere tale per cui quest'ultimo dovrà essere equipaggiato con indicatore ad ago o uno schermo analogico o digitale. Il comparatore dovrà essere dotato di due teste coniche montate agli estremi di una barra in invar. Attraverso un sistema meccanico, il movimento di rotazione della testa dovrà essere trasmesso ad un micrometro che mostri direttamente il valore della variazione della distanza fra le teste. La dimensione dei comparatori dovrà essere funzione della base di misura (base di misura 10-20cm). L'accuratezza delle misure dovrà essere di almeno 0.01mm.

Deformometri elettrici fissi (Fse)

I fessurimetri sono costituiti da un contenitore stagno cilindrico contenente un trasduttore elettrico di spostamento da fissare mediante supporto a tassello da un lato della fessura, da un cavo elettrico in kevlar con prolunghie e snodi, atto a realizzare il collegamento dello strumento all'unità di lettura e da un riscontro

metallico di congiunzione del trasduttore con un secondo ancoraggio a tassello, da installare sull'altro lato della frattura.

Le caratteristiche tecniche dovranno essere:

- fondo scala: 20÷30 cm;
- risoluzione: 0.1 mm;
- segnale elettrico: 4-20 MA.

All'estremità dell'astina devono essere presenti due snodi multidirezionali che consentano la compensazione di eventuali movimenti fuori asse.

Catene livellometriche a trasmissione radio (CLR)

Le catene livellometriche sono costituite da una serie di barre in alluminio a sezione quadrata cava (dim. minime 40x40mm, spess. 3mm) aventi lunghezza variabile fra 1m e 3m attrezzate con un sensore clinometrico monoassiale di tipo elettrolitico (o similare) avente range massimo pari a +/-2° e accuratezza +/- 0.06 °.

Tali barre vengono posate in successione al fine di discretizzare una tratta di una struttura da controllare con una "catena" di segmenti: gli eventuali cedimenti della struttura sono rilevati come rotazioni dei vari segmenti dai sensori clinometrici. Ciascun sensore clinometrico sarà collegato ad una unità di acquisizione monocanale con trasmissione dati via radio alimentata a batterie a litio sostituibili. Il sensore clinometrico e l'unità di acquisizione/trasmissione (inclusa antenna e batterie) dovranno essere racchiusi in una scatola di protezione in materiale plastico con grado di protezione IP68. L'unità di acquisizione dovrà essere in grado di rilevare anche la temperatura all'interno della scatola di protezione e il livello di carica delle batterie e dovrà consentire di effettuare il rilievo e la trasmissione dei segnali (inclinazione, temperatura e tensione di alimentazione) con cadenza variabile da un minimo di 1 lettura/10s fino a 1 lettura/24 ore.

La scatola stagna contenente il clinometro e l'unità di acquisizione/trasmissione sarà solidarizzata alla barra attraverso un accoppiamento che consenta la messa in bolla del sensore sul piano verticale in fase di posa.

Il sistema sarà inoltre corredato di un radiologger in grado di acquisire tutti i segnali provenienti da almeno 100 trasmettitori e di un eventuale congruo numero di ripetitori necessari a garantire il radiocollegamento. Il radiologger sarà alimentato tramite rete (220 V AC) e sarà dotato di modem GSM/GPRS per lo scaricamento remoto e automatico dei dati.

Il radiologger dovrà inoltre consentire la programmazione della cadenza di scansione delle unità di acquisizione/trasmissione e gestire le soglie di allarme locale tramite segnalazione via SMS.

Colonne inclino-estensimetriche automatiche (EIA)

Le colonne inclino-estensimetriche automatiche sono costituite da tubazioni inclinometriche attrezzate con anelli magnetici (tipo EN) con la differenza che i riscontri magnetici vengono posizionati ad una specifica profondità di controllo anziché in modo sistematico con passo 1m.

Il tubo inclino-estensimetrico viene quindi attrezzato mediante il calaggio al suo interno di una catena di sonde inclino-estensimetriche in grado di rilevare le variazioni angolari del tubo nel tratto sotteso fra i carrelli delle sonde e la posizione relativa del riscontro magnetico in funzione del tempo.

Le sonde inclino-estensimetriche devono presentare le seguenti caratteristiche tecniche minime:

<u> sensore di spostamento:</u>	range:	+/-50mm
	risoluzione:	0.01mm
	ripetibilità:	0.02mm
	grado di protezione:	IP68 (fino a 1.5MPa)

<u> sensore di inclinazione:</u>	range:	+/-10°
	risoluzione:	0.00001°
	sensibilità alla temperatura:	0.02mm
	grado di protezione:	IP68 (fino a 1.5MPa)

Ciascun tubo inclino-estensimetrico sarà corredato di un pozzetto di testa di protezione carrabile e di una testa di sospensione della colonna.

Le colonne potranno essere costituite da un minimo di 3 ad un massimo di 9 sonde che saranno appese alla testa di sospensione tramite cavetto in acciaio.

Le colonne appartenenti ad una stessa sezione di misura saranno collegate, tramite cablaggio, ad una unità automatica di acquisizione dati adeguatamente dimensionata per la lettura continua di tutti i sensori e dotata di alimentatore, batteria tampone e modem GSM per lo scaricamento remoto automatico dei dati. L'unità di acquisizione dati sarà alimentata tramite rete e sarà protetta in apposita scatola a tenuta stagna (IP65).

Vibrometri triassiali (VB3)

L'attrezzatura per la misura delle vibrazioni è costituita da strumenti genericamente detti "Sismometri" o "Vibrometri"

di tipo triassiale.

Vibrometri triassiali

I vibrometri triassiali impiegati dovranno essere costituiti da una unità di amplificazione per frequenze almeno da 1 a 315 Hz da un registratore di tipo digitale dotato di attivazione automatica e di convertitore analogico digitale a 10 bit, capacità di memoria in modalità discreta o continua.

In particolare, sono richieste le seguenti caratteristiche:

- Geofono triassiale conforme alle Norme DIN 45699-1
- Capacità di registrazione di eventi vibratorii con velocità particolari di picco da 0,13 mm/s a 254 mm/s, auto ranging con sampling rate selezionabile da 1024, 2048, 4096 campioni/secondo
- Risoluzione minima di 1/10 della minima velocità particellare registrabile (0,016 mm/s)
- Capacità registrazione in modalità manuale, discreta (singolo evento) o continua e automatica con livelli di trigger da 0.13 a 254 mm/s in step di 0,1 mm/s e capacità di registrazione fino a 1000 eventi da 1s con start/stop programmabili giornalmente e per singoli intervalli;
- Geofono triassiale con sensibilità di almeno 10 mV/mm.s⁻¹ su ogni componente con accuratezza di 1% (rispetto alla calibrazione con accelerometro di riferimento @ 15Hz)
- Capacità di analisi in frequenza con determinazione delle frequenze di picco di ciascun evento e analisi e visualizzazione delle velocità particellari in funzione delle frequenze almeno secondo gli standards UNI9916, DIN4150 e USBM/OSMRE. Capacità di fornire il vettore somma velocità di vibrazione sincrona massima.
- Ciascun vibrometro dovrà essere collegato ad un router in grado di gestire in remoto il settaggio dei dati e lo scaricamento automatico delle misure.

Stazione topografica totale robotizzata

La stazione topografica totale robotizzata per la misura automatica degli spostamenti di strutture sensibili (es. binari ferroviari, edifici) dovrà essere dotata delle seguenti caratteristiche minime:

- **Misure Angolari**
Precisione: 0.5" (0.15 mgon), 1" (0.3 mgon)
Metodo Assoluto, continuo, quadruplo
- **Misure di Distanza (Prisma)**
Portata Prisma circolare (GPR1) 3500 m
Precisione/Tempo di misura su prisma; 1 mm + 1 ppm / tip. 2.4 s
Metodo Analizzatore di sistema con misura dello sfasamento (coassiale, laser rosso visibile)
- **Misure di Distanza (No-Prisma)**
Portata :1000 m
Precisione 2,6) / Tempo di misura 2 mm + 2 ppm / tip. 3 s
Metodo Analizzatore di sistema con misura dello sfasamento (coassiale, laser rosso visibile)
- **Motorizzazione**
Massima accelerazione 400 gon (360°)/ s²
Velocità di rotazione 200 gon (180°)/ s
Tempo per cambio faccia 2.9 s
Tempo di posizionamento per 200 gon (180°) 2.3 s
Metodo Guida diretta basata su tecnologia Piezo
- **Riconoscimento Automatico del Prisma (ATR)**

- Portata Prisma circolare (GPR1) 3000 m
- **Tempo di misura**
Precisione/ Tempo di misura (GPR1) Precisione dell'angolo ATR Hz, V 1"/ 3 – 4 s
Precisione posizionamento ± 1 mm
Precisione posizionamento a 3000 m ± 7 mm
Minimo distanza tra prismi a 200 m 0.3 m
- **Metodo Elaborazione digitale dell'immagine**

4.3 Cablaggi e centralizzazioni

Per tutta la strumentazione elettrica appartenente ad una singola sezione strumentata è prevista la centralizzazione dei cavi di misura in scatole di centralizzazione (sotterraneo ed esterno). Tali scatole dovranno garantire un grado di protezione (IP65) ed essere attrezzate con connettori idonei al collegamento con le centraline di misura.

I cavi, tra sensore e scatola di centralizzazione, dovranno essere (quando possibile) raccolti in fasci ed in ogni caso adeguatamente protetti e fissati.

Dovranno essere prese le idonee precauzioni per la salvaguardia dei cavi di misura e delle scatole di centralizzazione da danni provocati da cause ambientali od accidentali.

5. MODALITÀ DI POSA STRUMENTI

Vengono nel seguito descritte le specifiche tecniche inerenti la posa in opera e le modalità di misura degli strumenti previsti nel piano di monitoraggio.

5.1 Generalità

La fase di installazione ha in questi tipi di lavori un'importanza vitale sul buon esito del funzionamento a lungo termine degli strumenti.

L'Appaltatore si dovrà avvalere di un installatore che posseda una lunga esperienza maturata e documentabile in diversi anni di lavori analoghi.

Ad inizio lavori l'Appaltatore è tenuto a dichiarare alla Direzione Lavori il nominativo del responsabile del monitoraggio cui la Direzione Lavori potrà riferirsi per ogni chiarimento in fase di installazione e misura e che sarà responsabile per tutta la durata del progetto di ogni comunicazione a tale riguardo.

La collocazione geografica degli strumenti rispetto al tracciato di scavo ed alle singole opere d'arte, nonché la loro collocazione all'interno delle "sezioni tipo" è indicata negli elaborati di progetto relativi. La reale posizione degli strumenti di monitoraggio messi in opera dovrà essere trasmessa alla Direzione Lavori per mezzo di opportuni disegni del "come costruito".

5.2 Prescrizioni per le installazioni

Per le modalità di installazione l'Appaltatore dovrà riferirsi alle tecniche di posa descritte in A.N.I.S.I.G.: "Modalità tecnologiche per l'esecuzione di indagini geognostiche e l'installazione e la gestione di impianti di monitoraggio" e non dovranno comunque essere in contrasto con quanto richiesto espressamente dai costruttori degli strumenti e/o sistemi. Dando per assodato quanto definito nei documenti sopra menzionati, nel seguito sono illustrati esclusivamente requisiti specifici di installazione relativi al progetto in oggetto.

Tubo inclinometrico (IN) ed inclino-estensimetrico (EN)

L'installazione dei tubi dovrà essere eseguita in verticale in terreno o all'interno di elementi strutturali.

Nel caso di installazione in terreni, la perforazione per la posa in opera dei tubi dovrà essere eseguita a distruzione e dovrà avere diametro minimo 127mm (max 140mm).

La lunghezza di perforazione dovrà essere maggiore di 0.5m rispetto alla lunghezza di tubo prevista.

La cementazione dovrà essere eseguita mediante iniezione di biacca (miscela acqua, cemento, bentonite costituita rispettivamente da 100-30-6 parti in peso) attraverso almeno due tubi di iniezione disposti uno a fondo foro ed uno a metà dello stesso. Nel caso le pareti non si autosostengano, il rivestimento dovrà essere estratto in fasi successive in concomitanza con la cementazione.

Durante la presa della boiaccia si dovrà provvedere ad eventuali rabbocchi da bocca foro. Successivamente verrà installato a testa tubo un pozzetto di protezione, con chiusino di tipo carrabile.

Al termine dell'installazione dovrà essere verificata la funzionalità della tubazione e si dovrà procedere al lavaggio del tubo con acqua pulita immessa in pressione dal fondo con apposita cannetta.

Lo scostamento della verticalità dell'asse di perforazione non dovrà mai superare i 5° e dovrà essere garantito il passaggio di una sonda di misura di lunghezza pari a 2.0m.

Riscontri topografici plano-altimetrici e di convergenza (CTC)

L' Appaltatore dovrà mettere in opera i tasselli o le barre di riscontro mediante perforazione, fissaggio e cementazione con resina (o malta antiritiro nei pozzetti).

I chiodi di convergenza dovranno essere messi in opera mediante perforazione e ancoraggio meccanico.

I capisaldi dovranno essere installati in zone ritenibili non soggetti a movimento o facilmente controllabili con l'ausilio di ulteriori capisaldi posti al di fuori dell'area di influenza dell'opera in costruzione.

Riscontri di Livellazione (CPL, L)

I riscontri per misure di livellazione, in base alla loro tipologia, dovranno essere installati in pozzetto (tipo A: CPL) o sulle pareti esterne degli edifici (tipo B: L).

Nel caso di monitoraggio delle vie di transito, per evitare danneggiamenti a seguito del transito veicolare, i punti di misura dovranno essere adeguatamente protetti con la messa in opera di pozzetti a raso del piano viario.

Nel caso di monitoraggio di edifici, i riscontri dovranno essere posizionati in modo da essere protetti da eventuali urti accidentali e, soprattutto in modo da non costituire inciampo per il traffico pedonale.

I capisaldi dovranno essere installati in zone ritenibili non soggetti a movimento o facilmente controllabili con l'ausilio di ulteriori capisaldi posti al di fuori dell'area di influenza dell'opera in costruzione.

Basi per deformometro elettrico o meccanico uniassiale sugli edifici (FS)

Si richiede l'installazione di 2 basi di misura per ogni punto di controllo disposte a cavallo della fessura ortogonalmente ad essa.

Le basi di misura dovranno essere messe in opera su supporti fissati sulla muratura mediante incollaggio con resina cianoacrilica, aiutandosi con una dima calibrata.

In caso di presenza di intonaci o irregolarità superficiali, si dovrà provvedere alla pulizia e regolarizzazione della zona di installazione.

Deformometro elettrico fisso (Fse)

Per il montaggio di questo tipo di strumenti si dovrà procedere nel seguente modo:

- appoggiare a cavallo della fessura i tasselli di ancoraggio, allineando il fessurimetro secondo la direzione presunta di spostamento, e definire quindi le posizioni dei fori da realizzare mediante trapano;
- eseguire la perforazione sul muro di diametro adeguato ai tasselli;
- inserire i tasselli nei fori realizzati e serrare i dadi fino al perfetto ancoraggio dei tasselli;
- effettuare una lettura di controllo: in fase di installazione è possibile regolare la posizione dell'astina del trasduttore in modo da ottenere una misura di riferimento prestabilita.

Barrette estensimetriche (BE, BL, BEA)

Gli estensimetri dovranno essere messi in opera a coppie, conformemente agli schemi di progetto sulle centine o sui ferri di intradosso ed estradosso, previa accurata pulitura del punto di installazione od affogati nei getti di cls (in cantiere, al momento del getto in opera nel caso dei diaframmi in c.a. delle paratie e degli elementi orizzontali delle stazioni, ed in stabilimento durante prefabbricazione per i conci di rivestimento della galleria naturale) previo fissaggio sulle armature.

Si dovrà garantire che la posizione tra la distanza tra le basi di ancoraggio del sensore corrisponda alla posizione media del campo di misura strumentale.

Nel caso di installazione su centina o sui puntoni di contrasto provvisori, l'installazione sarà eseguita prima della posa del puntone mediante saldatura ad arco delle basette con apposita dima di riscontro e successivo fissaggio del sensore.

I sensori ed i cavi di misura dovranno essere adeguatamente protetti per evitare danneggiamenti accidentali durante la posa dell'armatura nello scavo e durante l'esecuzione del getto.

Per ogni tipo di installazione i cavi di misura dovranno essere adeguatamente protetti e fissati per evitare che eventuali sforzi di trazione sugli stessi siano trasmessi al sensore.

Nel caso di messa in opera su cls non armato l'installazione del sensore è prevista mediante fissaggio sul getto di una barra in acciaio strumentata.

Celle pressiometriche (CPT, CPR)

Le celle di pressione radiale (CPR) saranno installate annegandole nel getto del rivestimento, in posizione prossima all'estradosso dello stesso o al momento della prefabbricazione del concio di rivestimento della galleria, sempre annegandole nella posizione più prossimale all'estradosso.

Le celle di pressione tangenziali (CPT) saranno poste in opera al momento della prefabbricazione del concio, annegandole nella posizione più prossima al giunto concio-concetto.

Catene livellometriche a trasmissione radio (CLR)

Le barre strumentate saranno installate in successione continua lungo la struttura posta sotto controllo mediante ancoraggio delle estremità tramite tasselli ad espansione meccanica o a resina.

Ogni tassello dovrà supportare le due estremità di due barre adiacenti, salvo impedimenti dovuti alle particolari condizioni geometriche della struttura da tenere sotto controllo.

In fase di installazione i sensori clinometrici dovranno essere disposti il più possibile in posizione orizzontale in modo da fornire una misura iniziale centrata rispetto al fondo scala.

Il radiologger sarà posizionato in luogo protetto mantenendo una posizione il più possibile baricentrica rispetto agli stendimenti delle catene livellometriche.

Colonne inclino-estensimetriche automatiche (EIA)

La posa dei tubi inclino-estensimetrici sarà effettuata secondo le modalità prescritte per tali strumenti (EN) con l'accortezza di predisporre i punti di controllo dei cedimenti (riscontri magnetici) alle profondità prescritte dal Progetto o richieste dalla Direzione Lavori.

Prima di effettuare il calaggio delle sonde fisse sarà effettuata una misura di zero con una sonda inclinometrica e una sonda assestometrica.

Il posizionamento delle sonde sarà effettuato tramite cavo in acciaio di lunghezza adeguata affinché ogni sensore risulti centrato rispetto al riscontro magnetico, salvo diverse indicazioni fornite dalla Direzione Lavori.

I conduttori elettrici di ciascuna sonda saranno cablati direttamente all'unità automatica di acquisizione dati o tramite cavo multipolare e scatola di centralizzazione.

L'unità di acquisizione sarà collocata in posizione protetta ed esterna all'eventuale carreggiata stradale e i conduttori dovranno essere protetti in apposita guaina rigida interrata all'interno di una trincea.

Vibrometri triassiali (VB3)

Il rilievo di vibrazioni indotte da lavori di cantiere sia che interessano lavori di abbattimento con macchine a rotazione, sia nel caso di fenomeni impulsivi (ad esempio lavori di abbattimento con esplosivo), necessita di essere supportato da una serie di informazioni sulla tipologia delle strutture interessate dalle vibrazioni stesse. Nel caso di vibrazioni indotte su strutture abitative e industriali sarà necessario ubicare i trasduttori presso le fondamenta dell'edificio stesso, vicino agli elementi portanti, ai piani superiori ed eventualmente in prossimità di strutture portanti interessate da precedenti lesionamenti (travi, soffitti, ecc.).

Presso le fondamenta è preferibile ove possibile:

- sistemare i trasduttori sulle fondamenta esterne più vicine alla sorgente di vibrazioni;
- evitare posizioni incerte come gradini non saldi e solette sovrastanti vuoti;
- le misurazioni ai piani superiori devono tener conto, rispetto alla tipologia costruttiva dell'edificio, della parte di struttura maggiormente sollecitata, la quale va valutata di volta in volta. Di norma le misure vengono eseguite a centro soletta ma in casi estremi sono valutati posizionamenti anche in prossimità di travi portanti.

Solo nel caso di vibrometri collocati per indagini per analisi delle condizioni di disturbo alle persone, all'interno degli edifici, occorre prevedere l'ubicazione dei trasduttori sui pavimenti di diversi piani, destinati ad uso abitativo.

Nel caso di misurazioni in zone di terreno limitrofe all'area di generazione della sorgente vibrazionale è buona norma rendere solidale il trasduttore al terreno per mezzo di particolari dispositivi quali piastre, puntali da infiggere nel terreno ecc.

Le distanze fra trasduttori e sorgente delle vibrazioni sono in genere imposte dalla necessità di valutare il livello vibrometrico in punti prestabiliti (edifici abitativi, industriali, opere preesistenti, opere preesistenti soggette a vincoli architettonici, ecc.). Nel caso in cui non esistano particolari vincoli di posizione è opportuno ubicare i punti di misura e quindi le distanze dalle sorgenti di vibrazioni tenendo conto che l'ampiezza del fenomeno vibratorio si smorza per dissipazione dell'energia dell'onda elastica con legge proporzionale al quadrato della distanza tra la sorgente e il punto di misura. Inoltre, il fenomeno subisce una trasformazione del contenuto in frequenza dell'oscillazione.

In generale, attenuandosi le altre frequenze più rapidamente rispetto alle basse, per grandi distanze dalla sorgente, il fenomeno vibratorio tende ad essere esaltato nel campo delle basse frequenze (da pochi Hertz a qualche decina di Hertz).

Stazione topografica totale robotizzata

La stazione di rilevamento dovrà essere posizionata su un basamento opportunamente dimensionato e ben consolidato alla superficie d'appoggio per evitare il movimento della stazione stessa. L'ubicazione della stazione dovrà garantire anche la perfetta visibilità dei punti di controllo (punti fissi e di monitoraggio) e dovrà essere possibilmente ubicata all'esterno dell'area interessata dai lavori. Poiché tale condizione, a causa del particolare contesto urbano in cui occorre operare, non risulta facilmente ottenibile, occorrerà predisporre una rete di stazioni appoggiate a punti fissi esterni e in collegamento ottico una con l'altra in modo tale da poter rilevare e compensare adeguatamente eventuali movimenti delle stazioni stesse.

I punti di controllo saranno costituiti da:

- una serie di punti fissi di riferimento (caposaldi) costituiti da almeno n.4 prismi ottici di diametro minimo di 65mm attrezzati con adeguata montatura e staffa orientabile per l'installazione su parete. Essi dovranno essere collocati in zone non soggette a possibili movimenti e la loro disposizione dovrà essere tale da garantire la più ampia variazione possibile sia in termini di angoli che di distanze. Tale accorgimento è necessario per poter garantire una correzione dei dati grezzi effettivamente rappresentativa delle condizioni atmosferiche locali.

- Una serie di punti di monitoraggio costituiti da prismi ottici diametro minimo 24mm disposti ad un'altezza minima di 5m dal piano terra (la quota definitiva sarà stabilita in funzione della posizione delle stazioni totali e della conseguente visibilità) con passo orizzontale di circa 5-6m. L'effettiva disposizione dipenderà dalle caratteristiche dell'edificio e dalla sua accessibilità e potrà prevedere l'installazione su un'unica verticale a quote differenti o su due verticali distinte.

Tutti i prismi dovranno essere dotati di montatura metallica e parasole e saranno installati mediante tasselli meccanici ad espansione.

L'alimentazione del sistema avverrà direttamente da linea elettrica con l'utilizzo di una batteria tampone da 12V/24Ah e di un regolatore di corrente.

Il sistema di monitoraggio dovrà essere gestito da un PC posizionato in cantiere o in un'opportuna sede facilmente accessibile e mediante software sviluppato in ambiente Windows o altro in grado di:

- gestire la stazione di rilevamento con controllo automatico della collimazione;
- definire le modalità di ricerca dei punti;
- programmare ed eseguire in automatico i cicli di lettura;
- correggere le distanze misurate mediante calcolo della variazione dei dati sui punti di riferimento fissi e restituire il dato corretto in tempo reale;
- memorizzare i dati rilevati;
- comunicare via modem con stazioni remote con possibilità di reimpostare tutte le procedure di monitoraggio;
- gestire soglie di allarme;
- mostrare in tempo reale l'andamento degli spostamenti dei punti di controllo lungo le tre coordinate x, y e z.

La cadenza delle misure automatiche sarà oraria durante le fasi lavorative e di almeno 4 volte al giorno durante le fasi non lavorative. Nel caso di situazioni di criticità o eventuale altra necessità la frequenza di lettura potrà essere incrementata adeguatamente.

L'analisi dei dati dovrà prevedere l'eliminazione dei cicli non significativi a causa di errato calcolo del fattore di correzione dei dati grezzi e la segnalazione di eventuali fenomeni anomali che potrebbero non essere imputabili ad un effettivo movimento dell'edificio da tenere sotto controllo.

6. MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE MISURE E PRIMA ELABORAZIONE DATI

6.1 Generalità

L'Appaltatore si dovrà avvalere di un'equipe tecnica che possieda una esperienza documentabile maturata in diversi anni di letture con strumentazione di monitoraggio similare nonché degli strumenti di lettura e del software specialistico per effettuare le misure e le elaborazioni. Tale equipe dovrà garantire la disponibilità di personale e di un numero di strumenti sovra-numerario rispetto alla frequenza di misura massima ipotizzabile dal programma lavori.

La taratura degli strumenti di lettura dovrà essere dichiarata ad inizio lavori, costantemente verificata e periodicamente aggiornata mediante la tenuta di apposito registro disponibile alla Direzione Lavori per ogni controllo.

La frequenza di lettura dovrà essere conforme a quanto definito negli elaborati di progetto ed in generale dovranno essere effettuate letture ogni volta che mutano le condizioni di lavoro dell'elemento interessato. Ad ogni lettura strumentale dovrà essere annotata la situazione lavori al momento dell'esecuzione della misura. Nel corso delle misure, sarà inoltre necessario che situazioni anomale siano immediatamente identificate, ri-verificate ed in caso di evidente anomalia, segnalate in tempo reale alla Direzione Lavori

Nel seguito sono illustrate le principali norme che l'Appaltatore dovrà seguire per l'esecuzione delle letture strumentali in relazione al monitoraggio previsto dal progetto in oggetto.

6.2 Prescrizioni per le misure

Tubo inclinometrico (IN) ed inclino-estensimetrico (EN)

Ad ogni lettura si dovrà provvedere al rilievo della temperatura esterna e garantire adeguata stabilizzazione termica della strumentazione in foro.

La prima lettura di zero verrà eseguita ad avvenuta presa della boiaccia di cementazione (comunque non prima di 4 giorni dalla stessa).

Per misure inclinometriche la lettura di zero dovrà essere eseguita procedendo dal basso verso l'alto sulle 4 guide e con passo di misura pari a quella dei carrelli della sonda (passo della sonda di misura)

Le letture di esercizio potranno essere eseguite sulle due guide che hanno fornito minor medio valore di semi scarto fra letture opposte.

In caso di anomalie di misura o presenza di fenomeni deformativi significativi, potrà essere richiesta, sul singolo tubo, l'esecuzione di letture di esercizio su 4 guide.

Per le misure estensimetriche incrementali la lettura di zero verrà condotta ripetendo le misure almeno due volte (lungo due guide di misura tra loro ortogonali) da fondo tubo verso superficie; le letture successive saranno condotte eseguendo una misura singola.

In caso di anomalie di misura o presenza di fenomeni deformativi significativi potrà essere richiesta, sul singolo tubo, l'esecuzione di due rilievi su guide differenti (come per la lettura di zero).

I dati di misura dovranno essere restituiti sia sotto forma di letture strumentali che elaborati (in forma tabellare e di grafici profondità-spostamento incrementale ed assoluto).

Riscontri topografici plano-altimetrici e di convergenza (CTC)

La strumentazione utilizzata dovrà essere una stazione topografica totale coassiale, con le caratteristiche di precisione minime di 0.3mgon sugli angoli zenitali e azimutali e 2mm±2ppm sulle distanze.

Per l'esecuzione delle misure con metodo ottico si utilizzerà per ogni tratta o zona di scavo un sistema riferimento locale con lettura su almeno 3 capisaldi di riferimento (punti fissi) per la determinazione della posizione della stazione di misura con il metodo della stazione libera.

I punti fissi dovranno essere collegati, per verifica e controllo, al sistema di riferimento topografico utilizzato per la costruzione dell'opera.

Dovrà essere garantita e prevista la possibilità di esecuzione di un controllo di stabilità dei punti fissi. I dati di misura dovranno essere restituiti sia sotto forma di letture strumentali che elaborati (in forma tabellare come coordinate e spostamenti ed in forma grafica spostamento-tempo).

Rilievi topografici di precisione con stazione totale robotizzata

Affinché la rete di monitoraggio progettata svolga in quanto tale una funzione congrua alla gestione di eventuali soglie di allarme sui potenziali movimenti delle strutture sollecitate, è necessario cercare di eseguire le misurazioni secondo procedure e tempistiche compatibili con la situazione geotecnica e strutturale al contorno.

Dovranno essere eseguite le misure partendo da condizioni statiche (prima dell'inizio lavori); i risultati (valori di zero) verranno utilizzati per il confronto con le misurazioni successive, eseguite in parallelo con l'avanzamento dei lavori con la cadenza sopraindicata.

Ogni ciclo di rilievo sarà comprensivo di:

- rilievo delle mire ottiche posizionate sui paramenti laterali per ogni copia di sub-tratte, eseguito a mezzo stazione topografica con caratterizzazione delle coordinate x , y , z di ciascuna mira rispetto ad un'origine relativa.
- acquisizione dei dati di rilievo su schede PCMCIA tipo SRAM.
- collegamento giornaliero via modem GSM con la ns. sede e scarico dei dati misurati.
- calcolo e compensazione delle coordinate x , y , z , di tutti i punti di dettaglio rilevati;
- elaborazione per confronto dei valori acquisiti con quelli di riferimento.
- messa in rete c/o ns. sito Web della restituzione grafica attestante la posizione delle
- rispettive mire rispetto alla misura di zero.
- archiviazione giornaliera dei files di dati acquisiti e relative elaborazioni grafiche.

A seguito delle misurazioni dovrà essere prevista la consegna alla D.L. della seguente documentazione:

- Giornalmente: nel ns. Schede sulle misurazioni delle mire ottiche eseguite e relativi grafici degli scostamenti;
- Settimanalmente: Report grafico andamento cantiere;
- Al termine del periodo di monitoraggio: report riassuntivo con commento tecnico contenente i dati di rilievo elaborati.

La validazione giornaliera dei dati acquisiti attraverso le misure topografiche di precisione dovrà essere effettuata attraverso l'attento controllo degli stessi in relazione agli scostamenti registrati rispetto agli zeri sui rispettivi punti di misura.

Al fine di stabilire in modo adeguato i valori limite corrispondenti alle soglie di attenzione che si vogliono gestire, dovrà essere effettuata un'elaborazione statistica basata sull'analisi di una casistica in costante aggiornamento che preveda la gestione di un database di archiviazione all'interno del quale si potranno osservare gli indici di deformazione della struttura indagata ed il loro evolversi nel tempo e nello spazio.

Al fine di eseguire in modo preciso e speditivo l'operazione di validazione, dovrà essere adottato un sistema di gestione dei valori misurati attraverso tabelle predisposte, in grado di diagrammare in tempo reale tutti i valori rendendoli visivamente confrontabili.

I dati verranno trattati in files giornalieri. Ogni file conterrà il modulo di registrazione delle misure giornaliere con tutte le informazioni relative all'ubicazione univoca dei punti misurati, nonché le note di commento sulla tipologia dei lavori effettuati durante le misurazioni topografiche.

Riscontri di Livellazione (CPL)

La strumentazione utilizzata dovrà rispondere alle caratteristiche di precisione minima richiesta (0.1mm).

Nell'esecuzione delle misure con il metodo ottico si dovrà utilizzare per ciascun tratto o zona di scavo un sistema di riferimento locale con almeno 3 basi di riferimento (punti fissi) per la determinazione della posizione della stazione di misura con il metodo della "stazione libera".

I punti fissi dovranno essere sempre legati, per verifiche e controlli, al sistema di riferimento topografico utilizzato per la realizzazione dell'opera in progetto

Dovrà essere garantita e prevista la possibilità di eseguire un controllo della stabilità dei punti fissi.

I dati di lettura dovranno essere restituiti sia sotto forma di letture strumentali che in forma tabellare (con coordinate e spostamenti) ed in forma grafica (spostamenti-tempo).

Basi per deformometro elettrico uniassiale sugli edifici (FS)

La strumentazione utilizzata dovrà garantire la risoluzione minima (± 0.01 mm).

Ad ogni lettura si dovrà provvedere al rilievo della temperatura esterna ed all'esecuzione di due misure (diretta e inversa) per ogni coppia di basi.

I dati di misura dovranno essere restituiti sia sotto forma di letture strumentali che elaborati (in forma tabellare e di grafico spostamento-tempo, temperatura-tempo).

Deformometro elettrico fisso sugli edifici (FSe)

Valgono le stesse prescrizioni espresse, nella voce precedente, per basi per deformometro elettrico uniassiale sugli edifici (FS)

Barrette estensimetriche (BE, BL, BEA)

Dovranno essere previste le seguenti letture di azzeramento:

- dopo l'installazione della strumentazione sugli elementi strutturali;
- dopo la posa dell'elemento strutturale medesimo in opera o il getto del diaframma o della soletta;

Ad ogni lettura si dovrà provvedere al rilievo della temperatura.

I dati di misura dovranno essere restituiti sia sotto forma di letture strumentali che elaborati (in forma tabellare e di grafico deformazione-tempo).

Celle pressiometriche (CPT, CPR)

I dati di misura dovranno essere restituiti sia sotto forma di letture strumentali che elaborati (in forma tabellare e di grafico forza-tempo).

Catene livellometriche a trasmissione radio (CLR)

Le letture delle catene livellometriche saranno effettuate in modo automatico e scaricate in remoto tramite modem GSM.

La restituzione dei dati di ciascuna tratta (o catena) sarà costituita dall'andamento nel tempo dei valori angolari di ciascun sensore e di almeno un valore di temperatura ogni 10 barre.

Per ogni tratta omogenea sarà inoltre calcolata la deformata sul piano verticale relativa alla barra più esterna, considerata fissa o a cedimento noto.

Colonne inclino-estensimetriche automatiche (EIA)

Le letture delle colonne inclino-estensimetriche automatiche saranno effettuate automaticamente e scaricate in remoto tramite modem GSM.

Per ogni profondità sotto controllo strumentale sarà restituito il diagramma nel tempo degli andamenti delle risultanti puntuali ottenute dalle componenti inclinometriche e il relativo diagramma polare riferiti alle letture di zero.

I cedimenti saranno restituiti in un unico diagramma per ogni colonna con i valori degli spostamenti nel tempo delle varie profondità rispetto alle letture di zero.

Vibrometri triassiali (VB3)

La valutazione del tempo per cui deve essere proseguita la misura dipende principalmente dalle caratteristiche del fenomeno (impulsivo o continuo).

Nel caso di fenomeni impulsivi (ad esempio lavori di abbattimento con esplosivo, scavo con martello demolitore idraulico, ecc.) le registrazioni variano da 1s (secondi) a 15s, in funzione delle modalità di suddivisione delle cariche esplosive (tempi di ritardo).

Nelle innovazioni in continuo (vibrazioni prodotto da lavori di abbattimento con macchine a rotazione) occorre utilizzare la finestra temporale più ampia possibile.

In generale la corretta determinazione del periodo di osservazione è particolarmente delicata e può essere in parte risolta disponendo tempi di registrazione significativi fino a 60s con periodi di osservazione fino a 60

min. o per archi di tempi di qualche ora e la strumentazione ubicata in postazioni dove non possa essere oggetto di fenomeni di disturbo dovuti a persone o animali.

I dati di misura dovranno essere restituiti sia sotto forma di letture strumentali che elaborati (in forma tabellare e di grafico) per i seguenti parametri:

- Valori massimi di ampiezza (in genere velocità particellare) di ciascuna componente
- Valore massimo della risultante vettoriale delle tre componenti (nel caso di strumentazione triassiale)
- Frequenza principale di oscillazione del fenomeno
- Confronto di tali parametri con gli standard imposti dalle normative idonee (analisi di pericolosità del fenomeno), con preferenza alla norma UNI9916/DIN 4150, improntate ad una maggior prudenza, specie in presenza di edifici monumentali.

Qualora il monitoraggio interessi fenomeni dovuti a lavori con esplosivo dovranno essere segnalati l'esatto orario di scoppio, la posizione relativa rispetto al punto di misura e il quantitativo di esplosivo utilizzato.

7. MODALITÀ DI ELABORAZIONE, GESTIONE E RESTITUZIONE DELLE MISURE

L'Appaltatore dovrà elaborare e restituire le misure alla Direzione Lavori nei formati tabellari e grafici previsti al precedente capitolo per la tipologia di misura interessata.

L'Appaltatore è inoltre tenuto ad una particolare gestione dei dati delle misure in un formato utilizzabile dal Sistema di Monitoraggio (SdM), basato su architetture di tipo Web (InterNet) ed attualmente in uso per la gestione e distribuzione a tutte le parti dell'informazione relativa.

I principali punti della gestione dei dati prevedono:

1. La produzione dell'informazione (PT1),
2. il trasferimento dell'informazione (PT2),
3. l'archiviazione delle informazioni e la loro distribuzione per la ricerca/consultazione (PT3),
4. l'interpretazione dei dati stessi (PT4).

Una descrizione di tali fasi è fornita nel seguito.

Creazione dei DATI (PT1)

L'Appaltatore è responsabile della produzione/creazione dei dati di monitoraggio secondo le specifiche ed il programma di lavoro approvato dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore è responsabile dell'effettuazione del primo controllo di integrità dei dati per assicurare che le misurazioni non siano errate e deve informare la Direzione Lavori in caso di errori, problemi o del superamento delle soglie prefissate.

Trasferimento dei dati (PT2)

Tutte le misurazioni devono pervenire alla Direzione Lavori e ad SdM in unità consistenti dal punto di vista ingegneristico. Tali dati devono essere sottoposti settimanalmente alla Direzione Lavori in formato cartaceo ed anticipati via e-mail in formato digitale entro 24 ore dalla misura, inviati in parallelo alla Direzione Lavori ed alla casella di posta dedicata.

L'Appaltatore è anche responsabile della trasmissione alla Direzione Lavori dei dati relativi al controllo qualità del monitoraggio, (secondo quanto definito nel P.D.Q.L. di monitoraggio da lui stesso redatto); i seguenti documenti devono quindi essere inoltrati alla Direzione Lavori:

- Disegni del costruito (as built)
- Rapporti di installazione di ogni singola apparecchiatura (schede di Qualità della Lavorazione)
- Certificati di calibrazione degli strumenti di misura e delle centraline di acquisizione

Formato dei Dati per SdM

Le seguenti condizioni devono essere rispettate:

- I dati delle misure devono essere forniti dall'Appaltatore in un formato tipo excel, secondo gli standard che saranno forniti dalla Direzione Lavori o compatibili con tale formato.
- I dati relativi alla posizione definitiva (as built) degli strumenti devono essere forniti in un formato Autocad, riferiti alle coordinate progetto e corredati di punti significativi di riferimento.
- Una volta che il formato dei dati per una tipologia strumentale è stato definito ed approvato dalla Direzione Lavori, esso non può essere cambiato e deve restare inalterato nella forma per tutta la durata dei lavori.

- I file di dati devono rispettare una convenzione relativa all'assegnazione del nome del file stesso che viene presentata di seguito:

aaaammgg_d_ii_l_c_n-n'-.n.xls

dove:

aaaa è l'anno (es: 2017)

mm è il mese (es: 02)

gg è il giorno (es: 24)

d è un numero che rappresenta l'indice di lettura/file in caso di letture/file multipli giornalieri (da 0 a 9 e 0 di default)

// è il numero che rappresenta il Lotto (es: L1)

ii è il codice del tipo strumento secondo la lista di presentata nella sottostante tabella

SIGLA	STRUMENTAZIONE
IN	Inclinometri
EN	Inclino-estensimetri
EIA	Colonne inclino-estensimetriche automatiche
BE, BEA, BL	Barrette estensimetriche
CTC	Punti di convergenza sulle strutture
CTC	Punti di controllo topografico 3D
L, CPL	Punti di controllo del cedimento
CPR	Celle di pressione radiali
CPT	Celle di pressione tangenziali
FSe	Deformometri elettrici fissi
FS	Basi per deformometri
CLR	Catene livellometriche a trasmissione radio
VIB	Vibrometri

n-n' è un identificativo che indica il numero degli strumenti inclusi nel file inviato, secondo la numerazione di progetto (es: 10-30);

c è una lettera (assegnata dalla Direzione Lavori, a di default) che identifica il soggetto che ha prodotto le letture

Quando la Direzione Lavori riceve dati dall'Appaltatore una rapida revisione viene effettuata per controllarne l'integrità e che le letture non indichino un'ovvia tendenza avversa. In caso di letture errate o mancanti, la Direzione Lavori si metterà direttamente in contatto con l'Appaltatore per chiarimenti o ripetizioni di misure.

Trattamento dati (PT3)

I dati saranno automaticamente integrati da SdM in una banca dati. Essi saranno poi resi disponibili on-line per la Direzione Lavori, il progettista, l'Appaltatore e i servizi tecnici del cliente.

Un controllo delle misurazioni viene effettuato per assicurare che ogni valore sia compreso nei limiti e nelle soglie di allarme definite dal progettista. In caso di superamenti di soglie, la Direzione Lavori viene informata automaticamente insieme al progettista; la Direzione Lavori gestisce la situazione e implementa le contromisure, il progettista revisiona la situazione con i dati disponibili e consiglia la Direzione Lavori.

Interpretazione dati (PT4)

Entro la fine di ogni mese, a partire dalla data di installazione del primo strumento di monitoraggio, l'Appaltatore e' tenuto a fornire alla Direzione Lavori un rapporto interpretativo dei dati di monitoraggio in cui siano sintetizzati, sia per le misure geotecniche che per quello vibrometriche:

- lo stato delle installazioni strumentali (n° e tipo degli strumenti implementati nel mese),
- lo stato delle letture (frequenza e differenze rispetto al P.d.Q.L),
- i principali risultati (in termini di valori registrati in relazione alle soglie di attenzione e allarme pre-definite da progetto)

- l'interpretazione del fenomeno (in termini di valori registrati o anomalie rispetto alla fase di avanzamento dei lavori e rispetto alla posizione geografica delle principali attività di scavo)

8. CONTROLLI DI QUALITÀ

8.1 Generalità

La lavorazione in oggetto è definita "importante" e facente parte di "intervento complesso", in conformità con la normativa vigente, pertanto l'Appaltatore dovrà redigere - e sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori almeno 30 giorni prima del previsto inizio della lavorazione - il documento; "PIANO DI QUALITÀ DI COSTRUZIONE E INSTALLAZIONE – MONITORAGGI".

Il piano di qualità di costruzione e installazione (PQCI) sarà redatto sulla base dell'indice generale e relativi contenuti indicati nell' ALLEGATO 1 al presente CSA – Parte B.

Le prove ed i controlli sono a carico dell'Appaltatore e saranno eseguiti in conformità al PROGRAMMA DELLE PROVE E DEI CONTROLLI contenuto nel PQCI.

Di seguito si forniscono le specifiche che l'Appaltatore dovrà osservare nella esecuzione dei controlli del proprio operato; l'Appaltatore resta comunque responsabile della qualità del prodotto finale che sarà accettato solo ove rispondente ai criteri di seguito esposti.

8.2 Controlli generali

Tutti i componenti dell'impianto di monitoraggio dovranno venire corredati al momento della fornitura della seguente documentazione, che verrà vagliata dalla Direzione Lavori e costituirà parte integrante della documentazione generale della banca dati.

Sensoristica:

Ciascuno strumento appartenente al sistema di monitoraggio dovrà essere contraddistinto da un codice di progetto, riportato tanto sul corpo del sensore che sul cavo strumentale, dovrà inoltre essere fornito un disegno progettuale di dettaglio adeguato indicante i codici di tutti gli strumenti installati in opera.

Il sensore dovrà essere anche corredato di proprio certificato riportante:

- n. di serie;
- modalità di taratura;
- condizioni ambientali di taratura;
- calibrazione eseguita;
- costanti ottenute;
- modalità di controllo di qualità;

Dovrà inoltre essere fornito di:

- manuale d'uso;
- prescrizioni per l'immagazzinamento;
- lista di accessori e ricambi consigliati;
- schede per l'esecuzione delle letture.

Rete di collegamento:

i cavi elettrici, tanto strumentali che multipolari, dovranno essere corredati da documentazione che ne precisino:

- caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche;
- prove eseguite;
- normativa di riferimento.

Apparecchi di lettura:

le unità di lettura e la componentistica degli impianti di monitoraggio, sia di tipo manuale che automatico, dovranno essere corredate da:

- specifiche impiantistiche con schema di collegamento;
- manuali d'uso;
- certificati di prove e collaudi eseguiti che ne dimostrino l'idoneità;

certificati di calibrazione dei segnali di ingresso.

Dovranno, inoltre, essere previste verifiche di funzionalità della strumentazione tanto al momento della consegna che al momento dell'installazione.

8.3 Qualificazione del personale

L'Appaltatore si dovrà avvalere di un installatore che posseda una esperienza maturata e documentabile in almeno 5 anni di lavori analoghi. Il personale che esegue le letture e la elaborazione dei dati dovrà aver ottenuto una qualifica specifica per la prestazione che svolge.

L'accettazione del personale coinvolto nelle operazioni di monitoraggio sarà effettuata dalla Direzione Lavori in base alla presentazione del curriculum relativo.

8.4 Controlli sui materiali, attrezzature e documentazione

Le presenti prescrizioni riguardano i controlli da eseguirsi sugli strumenti da installare e/o sugli strumenti di misura, all'arrivo in cantiere del materiale.

Controllo forniture

La fornitura andrà accuratamente verificata in ogni sua parte a cura dell'Appaltatore; egli dovrà controllare i quantitativi di tutti i singoli componenti, compresi gli eventuali accessori per la posa in opera, così come da progetto. Inoltre, dovrà verificare la presenza delle schede di fornitura, e l'esatta conformità dei dati di targa degli strumenti e/o delle apparecchiature alle indicazioni inserite nel progetto.

Prove di funzionalità

Le presenti prescrizioni riguardano le prove di funzionalità da eseguire su strumenti da installare e/o sugli strumenti di misura ad opera dell'Appaltatore.

- a) Prove di funzionalità all'arrivo del materiale
- b) Prove di funzionalità in corso d'opera

Tutte queste operazioni andranno opportunamente segnate su apposite schede a cura del Responsabile dell'installazione.

Garanzie

Tutti i componenti degli impianti di monitoraggio, siano sensori o sistemi di misura e trasmissione dei dati, dovranno essere provvisti di garanzia.

Documentazione

Al fine di razionalizzare le varie fasi dei lavori sarà cura dell'Appaltatore la redazione di schede che documentino le fasi di lavoro. Tale documentazione dovrà essere predisposta per ciascun strumento e/o elemento del sistema. Le schede saranno organizzate in due parti distinte: la parte di "fornitura" e la parte di "installazione".

A titolo puramente indicativo nel seguito vengono fornite le linee guida di come dovranno essere organizzate tali schede

- Scheda di fornitura: si tratta della scheda che accompagna la fornitura di ciascun strumento e/o elemento del sistema; contiene i dati di targa dello strumento e normalmente essa è redatta a cura del fornitore.
- Scheda di installazione: tale scheda sarà compilata a mano a mano che si completeranno le varie fasi di lavorazione. Essa, infatti, servirà a raccogliere tutta la "storia" del sensore e/o dello strumento in oggetto, dal suo arrivo in cantiere fino alla fase di collaudo.

9. DEFINIZIONE DEL PIANO DI GESTIONE DELLE EMERGENZE

A partire dalle informazioni di carattere progettuale riportate nel Progetto Definitivo, l'Appaltatore definirà il piano di gestione delle emergenze che intenderà implementare al superamento delle soglie di attenzione/allarme. Il piano di gestione delle emergenze sarà implementato in funzione delle proprie metodologie operative, della propria organizzazione, degli affinamenti di fase costruttiva (ivi compresa la

relativa definizione delle contromisure), nonché interfacciandosi con la Stazione Appaltante/DL/CSE e tutti i vari enti esterni che a vario titolo saranno coinvolti.

Le soglie di attenzione/allarme sono definite in fase di progettazione dai calcoli e consentono di individuare i livelli in corrispondenza dei quali attivare le procedure di emergenza.

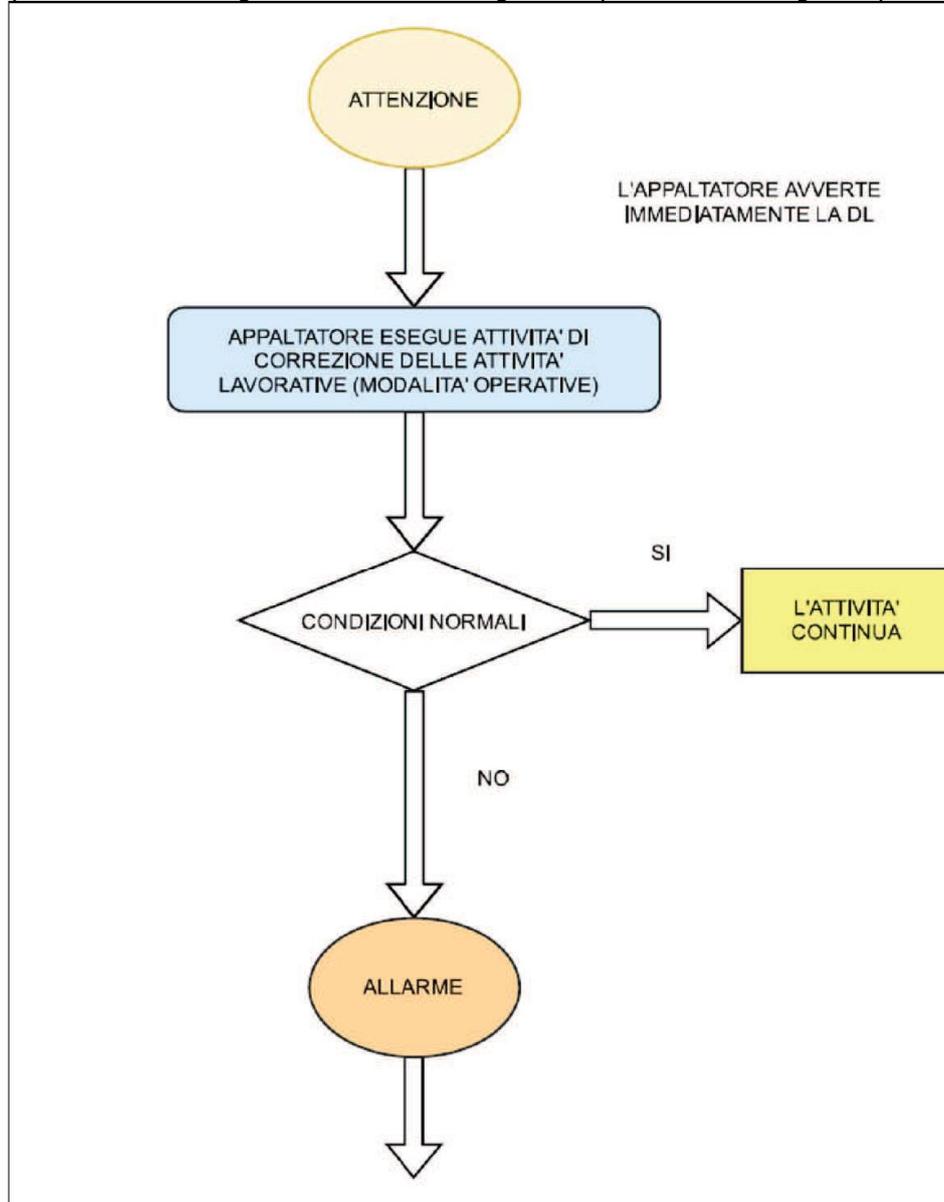
Tutti i parametri devono essere controllati ed in caso di superamento anche di un solo valore delle soglie di attenzione o di allarme deve essere attivata la procedura di emergenza e dovranno essere attuate le contro misure previste.

Nell'ambito della definizione del Piano di gestione delle emergenze sarà necessario anche prevedere la costituzione di un "Tavolo Tecnico" che coinvolgerà tutte le parti in causa.

In generale, per ciascun livello sono previste le procedure descritte dai seguenti flow-chart.

9.1 Superamento soglie di attenzione

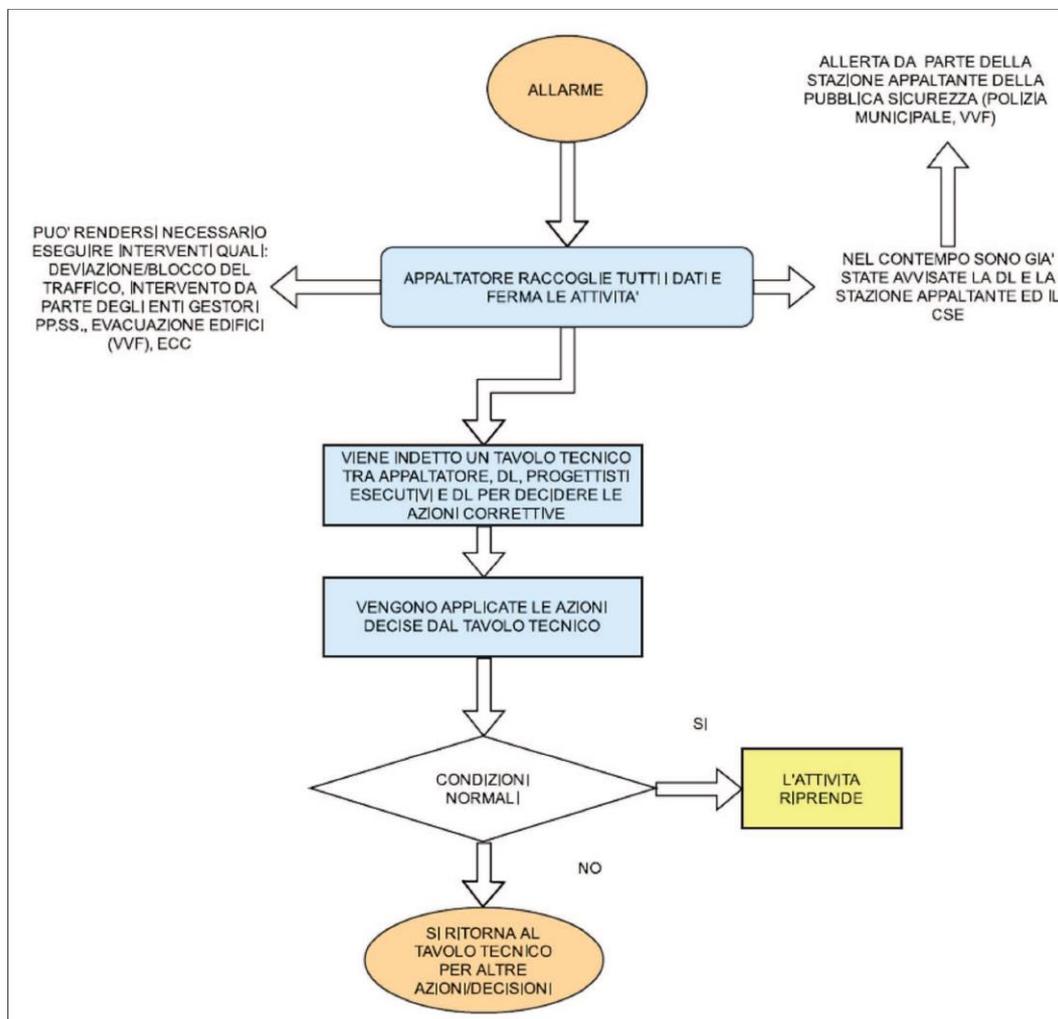
Nel caso di superamento delle soglie di attenzione bisognerà implementare le seguenti procedure.



Qualora i fenomeni che hanno comportato il raggiungimento delle soglie di attenzione dovessero evolvere verso il raggiungimento/superamento delle soglie di allarme, bisognerà implementare le procedure del diaframma seguente.

9.2 Superamento soglie di allarme

Nel caso di superamento delle soglie di allarme bisognerà implementare le seguenti procedure.



9.3 Gestione della fase di emergenza

In caso di emergenza l'Appaltatore dovrà rispondere con le figure indicate nel suo organigramma.

In particolare, si distinguono due tipi di emergenza:

- **Emergenza interna alle aree di lavoro e/o emergenza direttamente derivante dal lavoro in corso di svolgimento:** l'Appaltatore risponderà con la propria struttura organizzativa, di cui al piano delle emergenze inviato dall'Appaltatore stesso nell'ultima revisione disponibile;
- **Emergenza esterna, ovvero sui fabbricati, sulle linee ferroviarie e/o opere lungo il tracciato:** l'Appaltatore risponderà con la propria struttura organizzativa, di cui al piano di qualità; darà informativa immediata al Committente e procederà a coinvolgere il proprio progettista costruttivo affinché possano essere fornite le prime indicazioni utili al riguardo.

Per questo ultimo tipo di emergenza, le operazioni saranno gestite dalle persone dell'Appaltatore, della DL, del CSE e della Stazione Appaltante più alte in grado presenti all'atto dell'emergenza stessa.

All'Appaltatore compete l'obbligo, al presentarsi di una delle sopra indicate emergenze, di informare tempestivamente il Direttore dei Lavori, il CSE ed il Committente, che informeranno a loro volta il Progettista Esecutivo dell'opera.

Al Committente compete l'obbligo di avvisare gli enti esterni (Vigili Urbani, VVF, ecc.).

Entro i limiti di competenza, la gestione della situazione di emergenza è affidata all'Appaltatore tramite la propria struttura di emergenza, che dovrà impiegare tutte le risorse umane, attrezzature e materiali disponibili al momento. In cantiere, durante l'orario di lavoro, dovranno essere sempre presenti dei componenti della squadra di emergenza.

Nel caso di situazioni di **emergenza interna**, l'Appaltatore, tramite la propria organizzazione, dovrà:

- attivare il coordinatore delle emergenze e la propria squadra di emergenza;
- interrompere le lavorazioni e procedere con la messa in sicurezza del personale, dei mezzi, attrezzature e impianti;
- indicare l'eventuale necessità di evacuazione dell'area di lavoro interna interessata e/o delle aree di lavoro interne circostanti;
- fornire i chiarimenti necessari per comprendere la situazione di emergenza riscontrata,
- comprendere la situazione di emergenza riscontrata;
- predisporre gli interventi di messa in sicurezza necessari;
- verificare la cessata emergenza;
- richiedere l'autorizzazione alla ripresa dei lavori alla DL/CSE;
- se necessario, attivare la direzione di cantiere per l'eventuale processo decisionale.

Nel caso di situazioni di **emergenza esterna**, l'Appaltatore, tramite la propria organizzazione, dovrà:

- interrompere le lavorazioni e procedere con la messa in sicurezza del personale, dei mezzi, attrezzature e impianti;
- indicare l'eventuale necessità di evacuazione dell'area di lavoro interna interessata e/o delle aree di lavoro interne circostanti;
- comprendere la situazione di emergenza riscontrata;
- predisporre gli interventi di messa in sicurezza necessari per le aree di lavoro interne;
- informare la Direzione Lavori/CSE;
- attivare la direzione di cantiere per l'eventuale processo decisionale;
- partecipare al tavolo tecnico che sarà indetto dal Committente per fronteggiare l'emergenza;
- mettere a disposizione tutte le risorse in quel momento presenti per fronteggiare l'emergenza;
- richiedere l'autorizzazione alla ripresa dei lavori alla DL/CSE.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 16:

SEGNALETICA

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. P. De Martini		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023

INDICE

1.	PREMESSA	1
2.	NORME DI MISURAZIONE	1
3.	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	1
4.	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	3
4.1	Segnali verticali	3
4.2	Garanzie relative ai segnali stradali	4
4.3	Segnali orizzontali	4
4.4	Norme tecniche per l'esecuzione dei lavori	5
4.4.1	Addetti ai lavori. Disponibilità del personale e delle attrezzature	6
5.	MATERIALI	6
5.1	SEGNALI VERTICALI	6
5.1.1	Pellicole catarifrangenti a normale intensità luminosa (E.G.)	6
5.1.2	Pellicole catarifrangenti ad alta intensità luminosa (H.I.)	6
5.1.3	Pellicole catarifrangenti ad altissima intensità luminosa (D.G.)	6
5.1.4	Caratteristiche comuni delle pellicole catarifrangenti	7
5.1.5	Pannelli integrativi	7
5.1.6	Staffe e ancoraggi	7
5.1.7	Cartelli "Nome strada"	8
5.1.8	Segnali bifacciali in alluminio scatolato	8
5.1.9	Segnali di direzione urbana e di conferma urbana	8
5.1.10	Segnali di preavviso o di presegnalazione di grandi dimensioni	9
5.1.11	Pannelli d'informazione turistica con struttura a bacheca	9
5.1.12	Transenna semplice bianco-nera	10
5.1.13	Transenna storica Tipo Torino	10
5.1.14	Colonnine rifrangenti spartitraffico in materiale plastico	11
5.1.15	Delineatori speciali di ostacolo	11
5.2	SOSTEGNI SEGNALI VERTICALI	12
5.2.1	Caratteristiche comuni ai sostegni. Tipologie in uso nella Città di Torino.	12
5.2.2	Paline con anello portadisco o portaquadrello ("Paline tipo Torino").	12
5.2.3	Altri sostegni tubolari	12
5.2.4	Sostegno tipo palo a C o a rotaia	13
5.2.5	Particolari sostegni e strutture in profilato di alluminio estruso	13
5.2.6	Sostegni tipo pali a sbraccio	13
5.2.7	Pali per tesate e altri tipi di strutture.	13
5.2.8	Portali e portalini	13
5.3	SEGNALI ORIZZONTALI	14
5.3.1	Cordolo flessibile ed elastico in gomma riciclata.	14
5.3.2	Cordolo in gomma "delineatore di corsia".	14
5.3.3	Dossi artificiali in gomma a elementi modulari	15
5.3.4	Dosso artificiale modulare a piattaforma in gomma.	15
5.3.5	Caratteristiche comuni ai vari tipi di cordoli e dossi artificiali in gomma	15
5.3.6	Fittone in gomma riciclata	16
5.3.7	Dissuasore tipo "panettone" in polietilene rinforzato	16
5.3.8	Barriera tipo "New Jersey" in polietilene rinforzato.	16
5.3.9	Delineatore tipo "indicatore di direzione" in polietilene rinforzato.	16
5.3.10	Dissuasore tipo "panettone" in conglomerato cementizio.	16
5.3.11	Calotta in gomma denominata "marker"	16
5.3.12	Calottine spartitraffico in alluminio.	16
5.3.13	Calottine rifrangenti speciali dette "occhi di gatto"	17
5.3.14	Dispositivi ad altissima rifrangenza denominati "gemme"	17

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B2

Sezione n. 4: Demolizioni

5.3.15	Delineatori flessibili lamellari tipo "bandierine".	17
5.3.16	Vernice spartitraffico normale (composto di resina alchidica e clorocaucciù)....	17
5.3.17	Vernice spartitraffico rifrangente	18
5.3.18	Vernice spartitraffico ecologica	18
5.3.19	Vernice spartitraffico rifrangente specifica per superfici lapidee	18
5.3.20	Termo-spruzzato plastico	18
5.3.21	Termo-colato plastico	19
5.3.22	Laminato elastoplastico rifrangente	20
5.3.23	Materiale plastico bicomponente	21
5.3.24	Bande ad effetto ottico.	22
5.3.25	Bande ad effetto acustico.	22
6.	MODALITÀ DI ESECUZIONE	23
6.1	Criteri di posa e dimensioni dei sostegni	23
6.2	Manutenzione dei sostegni	23
6.3	Manutenzione di segnaletica esistente	23
6.4	Scavi e rinterrati inerenti la posa di segnaletica verticale	23
6.5	Modalità di posa e rimozione dei sostegni	24
6.5.1	Basamenti per sostegni	24
6.5.2	Mensole a muro	24
6.5.3	Rimozioni	24
6.6	Trasporto del materiale di risulta alle Pubbliche Discariche	25
6.7	Campionatura dei materiali da fornire	25
6.8	Garanzia di efficienza e durata	25
6.9	Prelevamento di campioni e analisi sui materiali impiegati	25
6.10	Cancellature e fresature	26
6.11	Verniciatura di banchine provvisorie o simili	26
6.12	Segnaletica sulle alzate e barriere stradali	26
6.13	Descrizione delle opere	26
6.14	Norme tecniche per l'esecuzione dei lavori	27
6.15	Caratteristiche delle vernici	27
6.16	Prelevamento di campioni di vernice	28
7.	CONTROLLI DI QUALITÀ	28

1. PREMESSA

La segnaletica stradale comprende i seguenti gruppi:

- a) segnali verticali;
- b) segnali orizzontali;
- c) segnali ed attrezzature complementari.

2. NORME DI MISURAZIONE

La misurazione della segnaletica ai fini di applicazione delle corrispondenti voci di prezzo è eseguita a metro lineare, a metro quadrato e ad unità.

Nei prezzi di realizzazione della segnaletica si intendono compensati tutti gli oneri principali ed accessori quali:

- la predisposizione dei luoghi di lavoro
- la fornitura di qualsiasi tipo di sostegno tubolare
- la fornitura di segnali stradali di diversa forma
- la posa in opera degli elementi sopraccitati
- il tracciamento di strisce di mezzeria e di corsia
- l'esecuzione di scritte complete di stop urbano
- il tracciamento di passaggi pedonali
- quant'altro previsto nella presente specifica come lavorazione annessa alla segnaletica

La misurazione e valutazione delle opere avverranno secondo le normative vigenti con le avvertenze a seguire:

- a) Nei lavori in economia sarà retribuita la sola mano d'opera effettivamente prestata in cantiere.
- b) Per i lavori e le opere a misura da eseguirsi eventualmente in ore diverse del normale orario di lavoro non verrà concesso alcun aumento sui prezzi stabiliti.
- c) I prezzi dei noli, ove non sia espressamente disposto in modo diverso nei relativi articoli dell'Elenco Prezzi della Regione Piemonte, si intendono comprensivi di ogni onere, provvista e mano d'opera occorrente per il funzionamento dei mezzi (autisti o manovratori, carburanti lubrificanti, equipaggiamento di lavoro ecc.).
- d) Nelle prestazioni dei mezzi d'opera saranno computate soltanto le ore di effettivo funzionamento in cantiere. In ogni caso non sarà riconosciuto alcun altro compenso per il trasporto del mezzo sul luogo d'impiego.
- e) Per i materiali dati in provvista l'approvvigionamento si intende fatto anche con scarico frazionato a piè d'opera nei magazzini municipali o nei luoghi indicati per il deposito. Il prezzo dei trasporti sarà applicato solamente quando il materiale già provvisto in località designate dalla Direzione Lavori sia in seguito ricaricato, trasportato e scaricato in luogo d'impiego diverso dal primitivo.
- f) Il materiale rimosso (segnali stradali, paline ecc.) di norma dovrà essere portato alle pubbliche discariche a cura e spese della ditta appaltatrice dei lavori, ivi compresi gli eventuali oneri di smaltimento. Qualora la Direzione Lavori valutasse recuperabile parte del materiale, questo dovrà essere portato, senza alcun aggravio di spesa ai magazzini indicati dalla Direzione Lavori.
- g) Il trasporto dei materiali di risulta dovrà essere effettuato alle pubbliche discariche; la Direzione dei Lavori potrà eventualmente richiedere che detti materiali siano trasportati in altri luoghi prestabiliti, comunque compresi nell'ambito del territorio comunale.
- h) Le misurazioni si effettueranno in contraddittorio tra il rappresentante dell'Appaltatore e direzione lavori. Le misure rilevate saranno riportate negli appositi libretti delle misure e registro di contabilità tenuti dalla Direzione Lavori, firmati dalle parti, nei quali saranno indicate tutte le voci concorrenti a determinare con precisione l'esatta entità dei lavori eseguiti e quant'altro necessitasse alla relativa contabilizzazione.

3. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

I lavori di ripristino del suolo pubblico manomesso saranno eseguiti dall'Appaltatore osservando, laddove vigenti, i regolamenti comunali della Città di Torino. In alternativa, laddove non presenti specifici regolamenti

dei comuni sopraindicati, si farà riferimento alle "Norme per l'esecuzione delle manomissioni e dei ripristini sui sedimi stradali della Città di Torino da parte dei grandi utenti del suolo" e la "Regolamentazione dei lavori di ripristino conseguenti a manomissioni di aree verdi e alberate" della Città di Torino. I lavori di manomissione del suolo pubblico dovranno avvenire, ove possibile, per isole di lavoro precluse al traffico, con esclusione dei frontisti e dei mezzi di soccorso e forze pubbliche. In questi casi l'Appaltatore dovrà provvedere alla delimitazione di tali aree con la posa di opportuna recinzione e segnaletica.

All'atto della consegna delle aree e prima dell'installazione del cantiere (anche con riferimento allo spostamento dei sottoservizi) l'Appaltatore dovrà redigere il disegno dello stato di fatto e consistenza della sistemazione viabile e della segnaletica del territorio comunale interessato dalle modifiche dovute all'installazione del cantiere. Tale disegno dovrà essere sottoscritto dalle parti in segno di presa d'atto.

Successivamente l'Appaltatore dovrà proporre alla Direzione Lavori il progetto dettagliato delle aree di cantiere evidenziando gli interventi sulla viabilità esistente (segnaletica, impianti semaforici, attraversamenti pedonali). Tale progetto dovrà tendere a soluzioni che rendano minimi i disagi alla circolazione, alla cittadinanza ed alle attività commerciali. Il progetto dovrà includere necessariamente lo studio della viabilità con la redazione del relativo progetto di segnaletica. Il suddetto progetto, completo del computo metrico estimativo, sarà sottoposto all'Approvazione del Committente e quindi trasmesso al competente ufficio comunale per l'emissione della relativa ordinanza.

L'Appaltatore sulla base del progetto approvato eseguirà:

- la fornitura e la collocazione nonché la successiva rimozione di tutta la segnaletica orizzontale e verticale necessaria per la corretta installazione del cantiere, intendendosi come tale quella da collocare e da eseguire sulle carreggiate stradali ove insistono i cantieri e in corrispondenza degli accessi alle carreggiate medesime, nonché quella relativa a tutte le modifiche viabili nelle strade circostanti e quella di preavviso collocata nelle aree limitrofe;
- la rimozione della preesistente segnaletica in contrasto con quella di cui al punto precedente e la sua ricollocazione in opera al termine dei cantieri.

Le attività di cui sopra saranno remunerate a prezzi di contratto.

La segnaletica rimossa e ritenuta non riutilizzabile o perché giudicata ammalorata o perché in contrasto con le vigenti norme del Codice della Strada, verrà consegnata al Comune, secondo le modalità che saranno impartite dalla D.L.

La segnaletica rimossa e ritenuta idonea al reimpiego dovrà essere presa in consegna dall'Appaltatore per il suo riutilizzo. Essa dovrà essere adeguatamente immagazzinata e conservata a cura dell'Appaltatore. Durante i lavori e prima di procedere al ripristino della segnaletica definitiva si definirà lo stato di conservazione della segnaletica a suo tempo ritenuta idonea al reimpiego, nonché il permanere della sua conformità alle vigenti norme del Codice della Strada, per verificarne la riutilizzabilità. La segnaletica giudicata non riutilizzabile sarà riconsegnata al magazzino del reparto segnaletica dei Comuni, quella ritenuta riutilizzabile verrà posata in opera secondo le necessità. In questi casi verrà compensata la sola posa in opera a prezzi di contratto.

Al termine dei lavori, l'Appaltatore ripristinerà tutta la segnaletica orizzontale e verticale, secondo il progetto di viabilità finale da sottoporre all'approvazione del Committente.

Sino alla riconsegna alle Città delle aree interessate dai lavori, la manutenzione di tutta la segnaletica di cui sopra sarà onere dell'Appaltatore, con esonero del Committente da ogni responsabilità a riguardo. L'ordinaria manutenzione rientra negli oneri a carico dell'Appaltatore. Resta inteso che se un cartello dovesse essere demolito accidentalmente per cause non imputabili all'Appaltatore la sostituzione verrà remunerata con l'applicazione dei prezzi di contratto.

Con riferimento all'abbattimento ed alla rimozione degli alberi l'Appaltatore dovrà provvedere alla pulizia dell'area ed al recupero del legname da opera da rendere al magazzino comunale. Qualora il legname prodotto dall'abbattimento delle piante di cui sopra non venga reso al magazzino comunale, alle Città dovrà essere corrisposto il relativo valore.

E' bene precisare che la Direzione Lavori non può impegnarsi ad ottenere la rimozione forzata delle auto che eventualmente intralciassero l'esecuzione dei lavori né l'intervento sanzionatorio degli agenti del locale Corpo di P.M..

Pertanto, l'Appaltatore aggiudicatario dovrà provvedere, a sua cura e spese, alla posa, con opportuno anticipo di almeno 48 ore, della necessaria segnaletica verticale temporanea di divieto di sosta,

eventualmente corredata da nastri bianco-rossi tipo "vedo" ecc. allo scopo di ottenere la zona sgombra da veicoli durante l'esecuzione dei lavori.

4. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

4.1 Segnali verticali

Il supporto dei cartelli stradali dovrà essere in lamiera di alluminio piana. Solo eccezionalmente potranno essere accettate lamiere scatolate e/o particolari piegature di rinforzo.

La lamiera, di alluminio primario incrudito ALP 99,5-I70, avrà uno spessore in grezzo di 30/10 (eccezionalmente potrà essere richiesta a spessore 15/10 o 25/10). Ad ultimazione delle lavorazioni meccaniche, dovrà essere resa scabra mediante carteggiatura meccanica, sgrassata a fondo e quindi sottoposta a procedimento di fosfocromatizzazione o ad analogo procedimento di pari affidabilità su tutte le superfici.

I cartelli dovranno essere ricavati da lamiere perfettamente piane e non da lamiere provenienti da rotoli o peggio code di rotoli, al fine di evitare che il segnale stradale presenti curvature o deformazioni che non saranno tollerate dalla Direzione Lavori

Il materiale grezzo, dopo aver subito i suddetti processi di preparazione ed un trattamento antiossidante con applicazione di vernici tipo Wash-primer, dovrà essere verniciato a fuoco con opportuni prodotti, i migliori sul mercato. La cottura a forno dovrà raggiungere una temperatura di 140° C.

Il retro dei cartelli verrà ulteriormente finito in colore grigio neutro con speciale smalto sintetico opaco. Inoltre, sempre sul retro di ogni segnale, dovrà essere indicato, in apposito riquadro serigrafato, il nome della ditta costruttrice corredato dagli estremi dell'Autorizzazione Ministeriale, nonché quello della ditta posatrice (se soggetto diverso dal costruttore), l'anno di fabbricazione del cartello, il numero dell'Ordinanza relativa all'attuazione del provvedimento e il logo dell'Amministrazione Comunale.

La composizione di detto riquadro dovrà essere concordata con la Direzione Lavori.

Il complesso di tali iscrizioni non dovrà occupare ma superficie maggiore di cmq 200, secondo quanto disposto dal Regolamento di Esecuzione del Nuovo C. d. S..

Inoltre, tutti i cartelli normalizzati, dovranno avere la posizione dei fori perfettamente combacianti tra loro, come da nostri campioni, per consentire l'intercambiabilità dei segnali.

Tutti i segnali dovranno essere conformi a quanto prescritto dal Nuovo C.d.S. e dal suo Regolamento di Esecuzione, nonché dalla norma UNI EN 12899-1.

La facciata anteriore del cartello stradale, preparato e verniciato sul retro come descritto in precedenza, dovrà essere eseguita, a scelta dalla Direzione Lavori in:

- a) pellicola di classe 1 - catarifrangente a normale intensità luminosa (E.G.);
- b) pellicola di classe 2 - catarifrangente ad alta intensità luminosa (H.I.);
- c) pellicola di classe 2 speciale - catarifrangente ad altissima intensità luminosa (D.G.).

La pellicola catarifrangente detta ai punti a) b) c) da applicare sulla faccia a vista dei supporti metallici, preparati e verniciati come descritto in precedenza, dovrà avere le caratteristiche sotto descritte.

Su tutti i cartelli stradali la pellicola catarifrangente dovrà costituire un rivestimento senza soluzione di continuità di tutta la faccia utile del cartello, e cioè "a pezzo unico", intendendo definire con questa denominazione un pezzo intero di pellicola, sagomato secondo la forma del segnale, stampato mediante metodo serigrafico con speciali paste trasparenti per le parti colorate e nere opache per i simboli.

La stampa dovrà essere effettuata con i prodotti ed i metodi prescritti dai fabbricanti delle pellicole catarifrangenti e dovrà mantenere inalterate le proprie caratteristiche per un periodo di tempo pari a quello garantito per la durata della pellicola catarifrangente.

I colori da utilizzarsi per la realizzazione dei segnali stradali sono quelli indicati dal Regolamento di Esecuzione Nuovo C.d.S. (D.P.R. 495/92).

Potranno essere accettati simboli con pellicola plastica opaca di colore nero, purché questa offra la stessa garanzia di durata della pellicola catarifrangente sulla quale viene applicata.

I segnali di forma triangolare, circolare, quadrata e rettangolare ed i relativi pannelli integrativi, dovranno essere conformi alle dimensioni indicate dall'art. 80 e riportate nelle Tabelle comprese nel Titolo II degli allegati al D.P.R. del 16/12/1992 n. 495 e s.m.i. pubblicato sul Supplemento Ordinario alla G.U. n. 303 del 28/12/92 Serie Generale.

I cartelli eseguiti con pellicola dovranno essere interamente rifrangenti, sia per quanto concerne il fondo del cartello sia per i bordi, i simboli e le iscrizioni, in modo che tutti i segnali appaiano di notte secondo lo schema di colori con il quale appaiono di giorno, in ottemperanza all'art. 79 del Regolamento di Esecuzione del Nuovo Codice della Strada (D.P.R. 16/12/1992 n. 495) e s.m.i..

Le pellicole catarifrangenti termoadesive dovranno essere applicate sui supporti metallici, mediante le apparecchiature previste dall'art. 194 comma 1, D.P.R. 16/12/95 n.495 e come modificato dal D.P.R. 16/09/96 n.610 e s.m.i..

Infine, tutto il segnale dovrà essere protetto da apposita protezione rimovibile che garantisca l'inalterabilità della stampa fino al momento della posa in opera.

4.2 Garanzie relative ai segnali stradali

La Ditta aggiudicataria dovrà garantire la perfetta conservazione della segnaletica verticale, sia con riferimento alla sua costruzione, sia in relazione ai materiali utilizzati, per tutto il periodo di vita utile, sui livelli di qualità delle pellicole retroriflettenti, approvato con D.M. del Ministero dei LL.PP. del 31/03/1995 e quanto di seguito prescritto:

- 1) Segnali in alluminio con pellicola retroriflettente:
 - a) a normale efficienza - Classe 1
Mantenimento dei valori fotometrici entro il 50% dei valori minimi prescritti dopo un periodo di 7 anni in condizioni di normale esposizione all'esterno
 - b) ad elevata efficienza - Classe 2 e Classe 2 speciale
Mantenimento dei valori fotometrici entro l'80% dei valori minimi prescritti dopo un periodo di 10 anni in condizioni di normale esposizione verticale all'esterno.
- 2) Le coordinate colorimetriche dovranno essere comprese nelle zone specificate di ciascun colore per tutto il periodo di vita utile garantita per ciascun tipo di materiale retroriflettente sia esso colorato di fabbricazione oppure stampato in superficie.
- 3) Entro il periodo di vita utile garantita per ciascun tipo di materiale retroriflettente non si dovranno avere sulla faccia del segnale: rotture, distacchi od altri inconvenienti della pellicola che possano pregiudicare la funzione del segnale stesso.
- 4) Le saldature ed ogni altro mezzo di giunzione fra il segnale ed i suoi elementi strutturali, attacchi e sostegni dovranno mantenersi integri ed immuni da corrosione per tutto il periodo di vita utile garantita per ciascun tipo di materiale retroriflettente.

Sarà pertanto effettuata a totale cura e spesa della Ditta aggiudicataria, la sostituzione ed il ripristino integrale di tutte le forniture che abbiano a deteriorarsi, alterarsi o deformarsi per difetto dei materiali, di lavorazione e di costruzione, entro un periodo di 7 anni dalla data di consegna del materiale per i segnali in pellicola a normale efficienza Classe 1 e di 10 anni per i segnali in pellicola ad elevata efficienza Classe 2 e Classe 2 speciale.

4.3 Segnali orizzontali

I lavori consistono nell'esecuzione di prima stesa o ripasso e successiva manutenzione della segnaletica orizzontale, tracciata in conformità alle disposizioni del Nuovo Codice della Strada e relativi Regolamenti di Esecuzione (D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 e s.m.i. - D.P.R. 25 luglio 2017, n. 14), in maniera comunque compatibile alla segnaletica verticale ove già esistente, e secondo le Corti impartite dalla Direzione Lavori.

- Il tracciamento della segnaletica orizzontale, sia "lineare" sia "quadra", è compreso nel compenso stabilito.

E' altresì compresa nel prezzo unitario la manutenzione della segnaletica per il periodo stabilito nei commi e punti successivi, a seconda del tipo di materiale impiegato, intendendosi per manutenzione tutti quegli interventi necessari a mantenere efficiente e ben visibile la segnaletica stessa per tutta la durata prevista.

Il rifacimento della segnaletica, reso necessario dalla manomissione o rifacimento delle pavimentazioni o dall'esecuzione di nuove sistemazioni viabili, non rientra tra gli interventi manutentivi, ma verrà contabilizzato come lavoro supplementare di stesa, soggetto poi alla normale manutenzione fino al termine del contratto.

Si richiama l'attenzione della Ditta aggiudicataria sulla necessità di curare particolarmente i tratti di segnaletica interessanti pavimentazioni lapidee, sulle quali la stesa e l'aderenza sono più difficoltosi per la natura stessa delle pavimentazioni.

Gli interventi manutentivi dovranno essere eseguiti a seguito delle segnalazioni verbali o scritte della Direzione Lavori ed anche su iniziativa della Ditta aggiudicataria che dovrà quindi periodicamente eseguire i necessari controlli ed accertamenti.

- La Direzione Lavori ha facoltà di fare eseguire, per tutta la durata dell'appalto, con carattere di priorità ed urgenza, specifica segnaletica. Il tempo utile di esecuzione di tali interventi urgenti potrà essere fissato di volta in volta dalla Direzione Lavori a seconda dell'entità dei lavori stessi a mezzo Ordini di Lavoro.

Anche per tali opere è fatto obbligo alla Ditta di curarne la manutenzione come precisato al punto precedente.

- La ditta dovrà pertanto garantire nei periodi suddetti un congruo numero di operai e mezzi d'opera ed una presenza costante e continua.

Per eventuali lavori non è fatto obbligo all'Appaltatore di attrezzare il compressore delle macchine spruzzatrici di particolari sollevatori, onde eliminare i rumori molesti oltre a richiedere l'autorizzazione prevista alle autorità competenti. È fatto altresì obbligo di collocare in prossimità di ogni cantiere, dispositivi luminosi non inquinanti (lanterne lampeggianti o simili) onde evidenziare la zona di lavoro secondo le vigenti normative.

Nessun maggior compenso potrà essere richiesto dalla ditta aggiudicataria, per quanto sopra disposto.

4.4 Norme tecniche per l'esecuzione dei lavori

- 1) Particolare cura dovrà essere posta nella preparazione delle superfici. Prima della stesa della vernice o dei materiali plastici le superfici delle pavimentazioni interessate dovranno essere ben ripulite da terriccio, sabbia, detriti e da altri eventuali materiali estranei.
- 2) In presenza di umidità, soluzioni saline, olii e altri elementi che dovessero influenzare la qualità dell'opera e la durata dei materiali, l'Appaltatore aggiudicataria è tenuta ad avvisare tempestivamente la Direzione Lavori, la quale potrà disporre la sospensione temporanea dei lavori. Qualora l'Appaltatore, per sua iniziativa o negligenza o imperizia effettuasse comunque lavori ed opere che si rivelassero palesemente deficitarie sarà obbligata al completo rifacimento dei lavori e opere stesse a sua cura e spese.
- 3) La vernice verrà stesa in strato uniforme e continuo, avente spessore e sufficiente corposità, ma non tale da provocare distacchi per sfogliamenti; dovranno essere evitati giunti visibili e riprese della stessa.
- 4) Il colato plastico dovrà essere posato in strato uniforme con spessore non inferiore a mm 2; detto spessore può essere maggiorato per le fasce di notevole usura.
- 5) I bordi dei segni dovranno essere netti e senza sbavature; in particolare le linee di mezzzeria di corsia dovranno risultare di larghezza uniforme e costante di cm 12 o 15.
- 6) Tutto il colore sparso incidentalmente dovrà essere rimosso dall'area pavimentata. Si dovrà pure evitare di sporcare con residui di vernice o colati plastici muri, marciapiedi, cordoli, bordure di aiuole, alberi, siepi, pali, griglie, ecc.
- 7) E' tassativamente proibito eseguire prove di spruzzatura nonché operazioni di manutenzione e lavaggio delle attrezzature impiegate per la stesa delle vernici e dei colati in presenza di caditoie stradali, fontane, fontanelle, banchine erbose o alberate, siepi e giardini in genere. Tutte le responsabilità di carattere civile e penale conseguenti ad azioni di questo tipo saranno imputate all'Appaltatore che, se ne assume ogni responsabilità manlevando l'amministrazione ed il personale della direzione lavori.
- 8) Tutta la vernice dovrà essere applicata su pavimentazione pulita ed asciutta nonché priva di umidità, esclusivamente mediante compressori a spruzzo muniti di dischi delimitatori e vaschetta per il recupero della vernice in eccesso.
- 9) Le superfici, appena trattate, ove sia necessario, dovranno essere protette dagli eventuali danni che potrebbero arrecare ai veicoli in transito o alle persone, per tutto il periodo di tempo utile all'essiccamento della vernice e di tutti gli altri tipi di materiale.
- 10) Qualsiasi parte danneggiata di segnaletica appena trattata e non ancora essiccata a dovere sarà rifatta a cura e spese dell'Appaltatore e le eventuali sbavature o impronte sulla carreggiata saranno immediatamente cancellate sempre a cura e spese dell'Appaltatore aggiudicataria.

4.4.1 Addetti ai lavori. Disponibilità del personale e delle attrezzature.

- 1) L'Appaltatore aggiudicatrice dovrà operare con personale tecnico di provata capacità, le squadre operative dovranno essere costituite da un minimo di tre persone e comunque dimensionate al tipo di lavoro e dovranno essere dotate dei D.P.I. previsti dalla vigente normativa in materia di sicurezza e salute sul luogo di lavoro nonché dei materiali e dispositivi in quantità sufficiente a delimitare l'area di cantiere sempre secondo le vigenti disposizioni di legge.
- 2) La Direzione Lavori potrà disporre, nei periodi dell'anno in cui il clima sia favorevole e le temperature siano ottimali e tali da garantire una perfetta stesa della segnaletica orizzontale, una presenza sul lotto cittadino da parte della ditta aggiudicataria di n. 2 o più squadre operanti contemporaneamente per la stesa di vernice o di laminati elastoplastici. L'Appaltatore dovrà dunque mettere a disposizione il necessario personale e le necessarie attrezzature e materiali onde poter sopperire alle suddette necessità.
- 3) Parimenti, sempre in presenza di condizioni atmosferiche particolarmente favorevoli, la Direzione Lavori potrà richiedere l'immediato impiego degli speciali autocarri attrezzati per la stesa dei colati plastici e affini per la tracciatura della segnaletica "lineare" sulla grande viabilità.
- 4) Si potrà altresì ordinare un sollecito intervento delle squadre o delle attrezzature suddette in caso di urgente ripristino di segnaletica orizzontale dovuta al rifacimento dei manti stradali.
- 5) In tali eventualità potranno essere emessi particolari Ordini di Lavoro riportanti i termini di inizio e di ultimazione dei lavori in determinate località: il mancato rispetto dei tempi e delle condizioni in essi riportate porterà all'applicazione delle penalità previste.

5. MATERIALI

5.1 SEGNALI VERTICALI

5.1.1 Pellicole catarifrangenti a normale intensità luminosa (E.G.)

Le pellicole catarifrangenti a normale risposta luminosa con durata di 7 anni (classe 1) consistono in elementi sferici di vetro incorporati in un film di materiale plastico flessibile, trasparente ed a superficie esterna perfettamente liscia.

5.1.2 Pellicole catarifrangenti ad alta intensità luminosa (H.I.)

Le pellicole catarifrangenti ad alta intensità luminosa con durata di 10 anni (classe 2) dovranno essere costituite da un film di materiale plastico acrilico, trasparente, tenace, resistente agli agenti atmosferici a superficie esterna perfettamente liscia.

Le proprietà di catarifrangenza devono derivare da un sistema ottico sottostante al film acrilico e costituito da uno strato uniforme di microsferi di vetro perfettamente rotonde e ad elevatissimo indice di rifrazione, incapsulate per mezzo di una speciale resina sintetica.

5.1.3 Pellicole catarifrangenti ad altissima intensità luminosa (D.G.)

Pellicole catarifrangenti ad altissima intensità luminosa con durata di 10 anni (classe 2 speciale) munite di certificazione per la classe 2, ma aventi caratteristiche prestazionali superiori alla pellicola di classe 2 di cui al capitolo 2, art. 2.2 del Disciplinare Tecnico pubblicato con D.M. 31.03.95

Dette pellicole retroriflettenti devono possedere caratteristiche di Grande Angolarità superiori così come definite dalla seguente tabella relativa alle caratteristiche fotometriche (coefficiente areico di intensità luminosa).

ANGOLO DIVERG	ANGOLO ILLUMIN	BIANCO	GIALLO	ROSSO	VERDE	BLU
1°	5°	80°	65°	20°	10°	4°
	30°	50°	40°	13°	5°	2°,5
	40°	15°	13°	5°	2°	1°
1°,5	5°	20°	16°	5°	2°,5	1°
	30°	15°	8°	2°,5	1°	0°,5
	40°	5°	4°,5	1°,5	0°,5	0°,25

Un rapporto di prova, rilasciato da un istituto di misura previsto dal D.M. 31/03/1995 e s.m.i., attestante che le pellicole retroriflettenti soddisfino i sopradetti requisiti, deve essere accluso, unicamente alla

certificazione di classe 2 prevista dallo stesso D.M. 31/03/1995, nella documentazione da allegarsi alla campionatura di materiale prima dell'approvazione dello stesso da parte della Direzione Lavori.

Potrà essere richiesto che tale pellicola speciale sia inoltre dotata di un sistema anticondensa che oltre alle caratteristiche fotometriche e prestazionali di cui sopra, sarà composta da materiali tali da evitare la formazione di condensa sul segnale stesso durante le ore notturne in cui essa si viene a formare.

Detta caratteristica è definita da un angolo di contatto delle gocce d'acqua sul segnale stesso non superiore a 25°.

Detta misurazione si intende effettuata con strumenti atti alla misurazione delle tensioni superficiali "Krss" con acqua distillata ed alla temperatura di 22°.

In tal caso tali caratteristiche dovranno essere attestate nel rapporto di prova di cui sopra.

5.1.4 Caratteristiche comuni delle pellicole catarifrangenti

Tutte le pellicole retroriflettenti a normale intensità luminosa (classe 1), alta intensità luminosa (classe 2) ed ad altissima intensità luminosa (classe 2 speciale) dovranno avere le caratteristiche previste dal disciplinare tecnico approvato con il Decreto Ministeriale 31 marzo 1995 e dovranno essere prodotte da ditte in possesso del sistema di qualità in base alle norme europee serie UNI/EN 29000.

Le certificazioni di conformità relative alle pellicole retroriflettenti proposte devono contenere gli esiti di tutte le analisi e prove prescritte dal suddetto Disciplinare e, dalla descrizione delle stesse, dovrà risultare in modo chiaro ed inequivocabile che tutte le prove ed analisi sono state effettuate, secondo le metodologie indicate, sui medesimi campioni, per l'intero ciclo e per tutti i colori previsti dalla Tab. 1 del Disciplinare Tecnico summenzionato.

Le suddette pellicole, quando solamente fornite, dovranno essere dotate posteriormente di adesivo secco da attivare con il calore, steso uniformemente e protetto da un foglio sottile di polietilene, facilmente asportabile con le sole dita al momento dell'applicazione. Anche la fornitura di pellicola autoadesiva potrà essere richiesta dalla Direzione Lavori.

5.1.5 Pannelli integrativi

Di norma le dimensioni più usuali per i nostri tipi di pannello sono di mm 150x350, mm 270x800 e di mm 500x250 o 600x250, con spigoli arrotondati, trattati come i cartelli stradali sopra descritti (retro grigio neutro); le scritte per quanto riguarda la dicitura, l'impaginazione, carattere e dimensione, dovranno sempre essere preliminarmente concordate con la Direzione Lavori, e potrà essere richiesta la presentazione a titolo gratuito di un fac-simile in scala naturale.

Il prezzo della posa del pannello aggiuntivo comprende le staffe utili per l'ancoraggio diretto su sostegno ϕ mm 48 o ϕ mm 60 ovvero, nel caso di paline "Tipo Torino" con portadisco, delle staffette in acciaio inox, con relativi bulloni inox, da ancorarsi all'anello portadischi, ivi compreso l'ancoraggio della base del pannello al sostegno tramite legamento con materiale non ossidabile.

A richiesta della Direzione Lavori, il pannello può essere un unico pezzo pur indicando più elementi, come ad esempio il pannello di dimensioni 600x250 mm riportante le indicazioni combinate dei modelli 3/A+5/A+6.

5.1.6 Staffe e ancoraggi

L'ancoraggio del segnale stradale al sostegno dovrà essere effettuato a seconda del tipo di sostegno posato in opera.

I principali tipi di sostegno sono:

- a) palina con cornice portadisco (detta "Tipo Torino") \emptyset mm 60 o portaquadrello (60x60mm) o portatabella (60x90mm);
- b) palina semplice o a collo d'oca (detta piantana) \emptyset mm 48 e 60;
- c) palificazione di altri enti o servizi (A-IM-AEM-ENEL-ITALGAS).

L'ancoraggio del segnale stradale alle paline con anello portadisco sarà effettuato mediante tre pernetti opportunamente fresati e forati, posti ad intervallo di 120° sull'anello, di questi, due sono fissi ed il terzo inseribile per consentire la posa del disco che verrà poi fermato con una coppia inox a forcina antirotazione. Il pernetto mobile sarà in lega di alluminio con vite in ottone a testa lenticolare.

Per i segnali non circolari (quadrati, rettangolari) da installarsi su paline con cornice portasegnaletica "Tipo Torino" valgono le stesse disposizioni di cui sopra. In questo caso però i pernetti saranno 4: 2 fissi sul lato superiore della cornice e 2 mobili sul lato inferiore.

L'eventuale pannello aggiuntivo, da porre sotto il segnale stradale, sarà ancorato all'anello porta disco mediante due staffette in lamiera di acciaio inox fermate con due bulloni passanti T.E. 8MA15 e dado T.E. spessore 6 mm, il tutto in acciaio inox 18/10.

L'ancoraggio del segnale stradale alla palina semplice sarà effettuato mediante staffe a collare in ferro zincato a caldo, di norma due coppie per segnale, fissate con bulloni passanti T.E. 8 MA x 15 dado spessore 4mm 6, tutto in acciaio inox 18/10 con marchio di qualità dichiarato, compresa la rosetta in nylon da inserirsi tra la testa del bullone e la faccia anteriore del segnale.

Detta staffa, piegata a freddo, avrà uno spessore non inferiore a mm 3 ed il fermo alla palina sarà effettuato con bullone passante T.E. 8 MA x 25, dado spessore mm 6 sempre in acciaio inox. La Direzione Lavori in alternativa, senza variazione di prezzo, può richiedere la staffa inox il cui spessore minimo sarà di mm 2, larghezza minima mm 30. Per l'ancoraggio dei pannelli aggiuntivi o similari sarà sempre usata la staffetta inox; spessore minimo mm 10/10 larghezza mm 20 con spigoli smussati, bulloneria inox come sopra descritto.

Per l'ancoraggio del segnale stradale su palificazioni esistenti di diametro superiore alla norma come pali luce o di tesata, semaforici, tralicci, ecc., si dovrà usare il sistema Band-It con particolari staffette a "U" dette cavalletto, in ferro zincato a caldo, di norma due per segnale fissate con bulloni passanti come descritto nel comma precedente. La staffetta avrà uno spessore non inferiore a 4 mm. Il nastro e le staffette del Band-It (con marchio originale) saranno in acciaio inox spessore non inferiore a mm 0,76 e altezza non inferiore a mm 12,7. L'eventuale pannello aggiuntivo, ubicato sotto il segnale stradale ancorato ai sostegni descritti ai punti b) e c), sarà posato con le medesime staffe, staffette e bulloneria usate per ancorare i segnali stradali. Rimane inteso che l'Appaltatore dovrà rispondere di eventuali danneggiamenti procurati a dette palificazioni durante il montaggio o smontaggio di cui sopra.

Non è in ogni caso ammesso avvalersi di sostegni o palificazioni diversi da quelli sopra elencati, in special luogo se di proprietà privata o di gronde, montanti di recinzioni e cancellate. L'Appaltatore risponderà degli eventuali danni arrecati.

Nei casi descritti, dove il segnale è ancorato con bullone passante, è richiesta l'applicazione di una rondella trasparente in nylon, a protezione della pellicola dallo sfregamento del bullone da interporre tra la T.E. del bullone e la faccia del segnale stesso.

5.1.7 Cartelli "Nome strada"

I segnali stradali detti "nome strada" o "targa viaria" dovranno essere conformi alle prescrizioni stabilite dall'art. 133 del DPR 495/92 e s.m.i.. Le dimensioni saranno scelte dalla Direzione Lavori in relazione alla lunghezza delle iscrizioni e delle caratteristiche del luogo di posa.

Il supporto sarà a pannello tamburato, in lega di alluminio estruso (tipo UNI 3569 nello stato TA16) spessore totale del pannello non inferiore a mm 25, spessore delle due facce parallele lisce non inferiore a mm 2,5, finite su ambo le facciate con fondo in pellicola rifrangente E.G./H.I. a scelta della Direzione Lavori, bordino rifrangente azzurro, scritte nere in Scotcheal serigrafate.

Dette targhe dovranno avere una staffa apposita, di altezza uguale a quella del segnale, per pali Ø 60 mm o 48 mm. Nel caso si dovessero ancorare a pali luce o similari la staffa dovrà essere di foggia idonea per l'applicazione con il sistema BAND-IT.

All'altro estremo il pannello dovrà essere chiuso da un coprigiunto o tappo a incastro.

5.1.8 Segnali bifacciali in alluminio scatolato

Alcuni articoli del Regolamento di Attuazione del Nuovo C.d.S. prevedono la posa di cartelli bifacciali. A tale scopo è prevista l'installazione di cartelli di forma quadrata, cm 60x60, in alluminio estruso scatolato, riportanti su ambo le facciate i simboli richiesti in pellicola E.G. od H.I. Il sistema di ancoraggio e tutte le altre caratteristiche saranno del tutto simili a quelle già descritte nell'articolo precedente.

Entrambi gli ancoraggi dovranno essere in alluminio o materiale non ossidabile e inalterabile agli sbalzi di temperatura.

Tutta la bulloneria o similari dovrà essere in acciaio inox.

5.1.9 Segnali di direzione urbana e di conferma urbana Cartello monofacciale

I cartelli dei segnali di direzione urbana o altri similari dovranno di norma avere dimensioni di cm 125x25, eccezionalmente potranno essere di cm 125x30 e 150x30, realizzati con speciale profilo in lega di alluminio estruso (tipo UNI 3569 nello stato TA 16).

Detto elemento estruso, la cui faccia liscia (portante il messaggio) ha uno spessore non inferiore a mm 2,5, è realizzato con un profilo sagomato di irrigidimento corrente orizzontalmente lungo tutto il bordo superiore ed inferiore, inoltre lungo l'asse orizzontale è ricavata una profilatura a canale continuo che consente di alloggiare e far scorrere i bulloni (a testa esagonale o quadra) di serraggio delle staffe per l'ancoraggio dei segnali ai relativi sostegni. Lungo i bordi superiori ed inferiori, sono ricavate scanalature e innesti atti a permettere la perfetta giunzione di più pannelli formanti un corpo unico sostenuto da unico sostegno.

La faccia del pannello, atta all'applicazione del messaggio, deve essere completamente liscia senza alcuna scanalatura o protuberanza ed esente da sbavature.

Cartello bifacciale

Qualora il segnale di direzione venga posato a bandiera, questi dovrà essere realizzato con profilo in lega di alluminio estruso scatolato tamburato come descritto nell'art. 2.15.5 (cartelli nome strada).

La scelta della pellicola verrà stabilita dalla Direzione Lavori, a seconda della ubicazione dei segnali stessi, salvo i casi obbligatori già previsti dalle normative vigenti.

Il colore di fondo, il bordino inferiore, il simbolo, la freccia e tutti gli altri segni che compongono la targa devono essere rifrangenti con il medesimo materiale e sistema di applicazione a Vacuum. Per quantità ripetitive, previo il benestare della Direzione Lavori, potranno essere eseguite con il sistema a stampa mediante il metodo serigrafico usando speciali paste trasparenti per le parti colorate e opache per il colore nero.

La stampa serigrafica dovrà essere effettuata con i prodotti ed i metodi prescritti dal fabbricante di pellicole catarifrangenti e dovrà mantenere le proprie caratteristiche per un periodo pari a quello garantito per la durata della pellicola.

Infine, tutto il segnale dovrà essere sempre protetto da apposito trasparente di finitura che garantisca la inalterabilità della stampa.

L'ancoraggio del segnale dovrà essere effettuato mediante staffe di foggia opportuna a seconda del tipo di sostegno come già descritto per gli altri tipi di segnali.

5.1.10 Segnali di preavviso o di presegnalazione di grandi dimensioni

I cartelli saranno di dimensioni variabili e proporzionali alla quantità e dimensioni dei messaggi inseriti, nonché alla larghezza della banchina che dovrà ospitare il cartello stesso.

Detti cartelli saranno realizzati in lamiera di alluminio semicrudo puro al 99%, dello spessore di 25/10 di mm, rinforzati mediante scatolatura perimetrale.

I cartelli di superficie superiore a mq 1,5 dovranno essere ulteriormente rinforzati con traverse di irrigidimento ad "omega" fissate sul retro del cartello stesso.

Nel caso in cui la superficie del pannello sia di notevoli dimensioni, questi ultimi dovranno essere costituiti da due o più elementi, uniti mediante angolari in lega speciale anticorrosione di alluminio, opportunamente forati e muniti di bulloncini e dadi in acciaio inox 18/10 per l'assemblaggio.

Il messaggio sarà realizzato con pellicola rifrangente classe 2 e classe 2 speciale già con le caratteristiche descritte in precedenza.

Sono ammessi simboli, frecce, bordini con pellicola plastica opaca di colore nero purché questa abbia le stesse garanzie di durata della pellicola catarifrangente sulla quale vengono applicati.

L'ancoraggio del cartello ai sostegni sarà effettuato da staffe a collare in acciaio inox di dimensioni adatte a sostenere il cartello e proporzionate al diametro dei sostegni necessari alla struttura e comunque di altezza non inferiore a mm 30 e di spessore non inferiore a mm 3.

5.1.11 Pannelli d'informazione turistica con struttura a bacheca

La Direzione Lavori potrà richiedere la fornitura e posa di strutture particolari, valide sotto l'aspetto dell'arredo urbano e nel contempo robuste e antivandaliche, adeguate ad installare messaggi d'informazione.

Le caratteristiche generali e particolari saranno le seguenti:

- a) Pannello bifacciale costituito da apposito profilo in alluminio (profilo cornice verticale) che accoppiato ad altro profilo, sempre in alluminio (profilo cornice orizzontale), costituisce la cornice perimetrale di supporto del pannello.
Sarà corredato su entrambi i lati di un profilo antina apribile in estruso di alluminio atto a sostenere un pannello in policarbonato tipo Lexan ad alta flessibilità, spessore minimo mm 2, a protezione del messaggio.
La lamiera porta messaggio è realizzata in alluminio grezzo, lega 1050 H=24 spessore 15/10 mm
- b) Detta struttura sarà sostenuta da particolari pali di sostegno a sezione quadrangolare particolare, con spigoli molto arrotondati, realizzati in profilo tubolare estruso di dimensioni variabili a seconda delle misure del pannello, (mm 80x80; 105x105; 120x120) e altezza m 2,60 ca.. Detti pali saranno dotati di quattro canalette verticali esterne, per tutta la loro lunghezza, a sezione rettangolare di dimensioni tali da consentire l'inserimento della struttura del pannello descritto al punto precedente.
- c) I pali di sostegno, all'estremità superiore, saranno corredati di un coperchio a spigoli fortemente arrotondati in materiale plastico rinforzato (Nylon).
- d) La struttura sarà ancorata al suolo mediante l'inserimento dei pali di sostegno su tubolari in acciaio zincato Ø mm 50 (per sez. mm 80x80) spessore mm 3 circa, che verranno saldamente fissati alla pavimentazione e sporgenti dal suolo minimo cm 70.
La struttura verrà poi fermata con viti a brugola a scomparsa nella canalina
- e) Superiormente al pannello in alluminio sarà previsto un profilato scatolato delle dimensioni di mm 100x25 fissato ai pali di sostegno con opportuni morsetti a scomparsa nelle canalette del palo stesso. A completamento della predetta struttura sono previsti dei basamenti ai due piantoni laterali aventi funzione puramente estetica e che potranno essere di due tipi:
- 1) basamento in conglomerato cementizio lavato e sabbioso, dimensioni (per sostegno mm 80x80) cm 26x26x28h, con tutti gli spigoli arrotondati. Sarà opportunamente forato sull'asse per consentire il passaggio del profilo di sostegno della struttura;
 - 2) basamento in fusione di alluminio verniciato (lega SGALS 113) a forma tronco-conica adatto a consentire l'inserimento del palo di sostegno di particolare profilo.

Tutti gli estrusi saranno in lega di Alluminio 60x60 (UNI3569). Tutte le superfici di alluminio a vista saranno verniciate con particolare trattamento a norma UNICHIM 427.

Le dimensioni principali standard saranno:

- A) Luce espositiva cm 70x100 h.
- B) Luce espositiva cm 100x140 h.
- C) Luce espositiva cm 200x140 h.

5.1.12 Transenna semplice bianco-nera

Le barriere di protezione, dette transenne, dovranno avere un'altezza totale di m 1,35 in tubo d'acciaio Ø mm 48, spessore minimo mm 3, con resistenza minima FE 42.

Il tubo perimetrale della transenna dovrà essere in un solo pezzo, cioè non saldato e con raggi di curvatura stabiliti dalla Direzione Lavori; la traversa mediana, saldata ai montanti, sarà posta ad un interasse di mm 448 dal mancorrente.

Tutta la struttura sarà zincata a caldo e verniciata in bianco e nero, oppure, a richiesta della Direzione Lavori, in verde RAL 6009, con una mano di Wash-primer e due mani di vernice ad alta resistenza agli agenti atmosferici.

Le dimensioni standard sono costituite da moduli di m 1,25-2,50-5,00 di lunghezza, i primi due tipi sono dotati di due soli montanti, il terzo di tre montanti di cui uno in corrispondenza della mezzera della barriera. Il tutto come da campioni conservati presso i magazzini comunali.

5.1.13 Transenna storica Tipo Torino

Le "transenne storiche" dovranno essere costituite da scatolato in acciaio zincato a caldo esternamente ed internamente e successivamente verniciato a fuoco (color verde RAL 6009) delle seguenti dimensioni:

- Piantoni: 40x40 mm, spessore 3 mm, altezza 1315 mm
- Elementi orizzontali: 35x35 mm (spessore 3 mm)

Alla base dei piantoni così come all'intersezione degli stessi con gli elementi orizzontali saranno inseriti dei collarini di rinforzo.

Alla sommità dei piantoni dovrà essere collocato un pannello fresato a testa piramidale appiattita in un unico blocco di acciaio, il tutto come da disegni di progetto forniti dalla Direzione Lavori e reperibili altresì presso il Settore Tecnico Arredo ed Immagine Urbana.

5.1.14 Colonnine rifrangenti spartitraffico in materiale plastico

Le colonnine rifrangenti dovranno essere in polietilene stampato speciale, con alta resistenza agli sbalzi di temperatura e inalterabili ai raggi solari, munite di catadiottri e/o altri materiali rifrangenti, come pellicola retroriflettente classe 2 o 2 speciale ed omologata dal Ministero dei Lavori Pubblici, e comunque conformi ai disposti del vigente Codice Stradale e successive circolari ministeriali.

Il tipo di colonnina ed il suo ancoraggio saranno scelti in base alla loro robustezza, praticità di applicazione, qualità di rifrangenza, design, resistenza agli urti accidentali e/o sua omologabilità. Il tipo attualmente in uso, adottato dalla Città di Torino, consiste in una colonnina a sezione triangolare con spigolo di cm 18 circa e altezza totale di cm 83 circa, con sezione circolare nella parte inferiore adattantesi perfettamente alla base descritta nei commi precedenti e nel successivo.

La base speciale sarà di norma in acciaio stampato con testata del diametro di mm 146, spessore mm 2, formata da una testa sagomata con un foro centrale del diametro di mm 170; la parte cilindrica con n. 3 fori, disposti a 120°, alla distanza di mm 52 dalla battuta, del diametro di mm 8 MA con dado inox MA spessore mm 8, saldato nell'interno coassialmente ai fori.

Dovrà essere conformata in modo tale da ospitare il tirante speciale per il fissaggio rapido, verniciata con due mani di colore "giallo" e con una corona di pellicola rifrangente H.I. gialla di cm 4 di altezza applicata su tutta la circonferenza, il tutto come da campione.

E' considerato parte integrante della base anche il piantone che verrà infisso nella pavimentazione, della lunghezza di circa cm 23 e con saldato alla sommità un dado esagonale, al quale verrà avvitato il tirante speciale che permette di ancorare la base al suolo.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di adottare, anche in corso d'opera, altri tipi di colonnina rifrangente, nel caso avessero caratteristiche migliori di quelle attualmente in uso, oppure per difficoltà di approvvigionamento del materiale del tipo attualmente in uso.

Tutti i tipi di colonnina adottati dovranno comunque avere stessa sezione alla base con fori disposti a 120° e tali da consentire il montaggio, su qualsiasi tipo di base preesistente.

La Direzione Lavori durante l'appalto può richiedere la pulizia e lavaggio delle colonnine ubicate sul territorio cittadino, di qualsiasi tipo, anche quelle non fornite e/o posate dalla ditta appaltatrice.

Detti lavori consistono nel lavaggio, mediante spazzole non graffianti, con acqua e idonei detergenti, di tutta la colonnina, compresi gli interstizi, dei catadiottri, avendo cura di non staccarli e nel caso di adesivi rifrangenti, di non rompere la pellicola protettiva o provocare con inadeguati detergenti lo scollamento dell'adesivo stesso.

Qualora la ditta provocasse i danni sopra descritti sarà obbligata a sostituire la colonnina danneggiata a proprie spese con un'altra nuova.

5.1.15 Delineatori speciali di ostacolo

Tali delineatori dovranno avere forme caratteristiche come previsto dalle normative vigenti (in particolare art. 177 e fig. II/472 del DPR 16.12.1992 n. 495) cioè forma a scudo semicircolare di altezza cm 50, pellicola classe 2 oppure 2 speciale.

Il supporto ed il sistema di ancoraggio saranno di norma in alluminio spessore 30/X. Potrà essere richiesto che il sistema di ancoraggio venga realizzato in acciaio inox per migliorare sia la stabilità, sia l'efficienza dell'ancoraggio stesso.

In ogni caso il sistema di ancoraggio dovrà prevedere soluzioni idonee a consentire la posa del delineatore in modo singolo o doppio (per coprire l'intero arco di 360° intorno al sostegno avente di norma diametro 60 mm, nonché la posa su pali semaforici o pali luce già esistenti con il sistema di ancoraggio BAND-IT.

Il delineatore speciale di ostacolo dovrà essere obbligatoriamente abbinato al segnale di passaggio obbligato in pellicola classe 2 o 2 speciale, sopportato da apposito sostegno di altezza ridotta (cm 160, disco escluso) con corona portadisco tipo NSR.

In caso di posa di detto gruppo segnaletico in presenza di colonnina rifrangente preesistente si dovrà avere cura di rimuovere la stessa nonché la relativa base, prima del collocamento del nuovo delineatore.

5.2 SOSTEGNI SEGNALI VERTICALI

5.2.1 Caratteristiche comuni ai sostegni. Tipologie in uso nella Città di Torino.

Tutti i tipi di sostegni, come sopra descritti, dovranno comunque rappresentare un insieme armonioso costituito dai vari elementi saldati e zincati. A tal proposito si precisa che non verranno accettati, sia sul luogo d'impiego, sia come fornitura a magazzino, quegli elementi che presentino giunzioni e saldature non strettamente necessarie, in special modo lungo la lunghezza del tubolare di sostegno, sfridi di zincatura che occludano in tutto od in parte le asole ferma-disco, i fori per le coppiglie, ecc. o presentino sporgenze e sbavature particolarmente appuntite e pericolose per la movimentazione ed il trasporto dei sostegni stessi. Ogni sostegno sarà opportunamente forato alla base onde poter consentire l'inserimento di un perno antirotazione del diametro di 8 mm.

In ogni caso la Direzione Lavori si riserva di chiedere la sostituzione integrale degli elementi non conformi ai campioni depositati presso i ns. magazzini od in subordine l'eliminazione in loco ed a cura dell'aggiudicatario dei difetti eventualmente riscontrati senza che l'Appaltatore aggiudicatario possa addurre eccezioni o riserve di sorta.

I sostegni in uso nella Città di Torino sono molteplici e costituiscono una variante delle due tipologie principali come sopra descritto.

Per i sostegni Tipo Torino, la corona portadisco (o portaquadrello) può trovarsi in posizione centrata, semplice o doppia, a bandiera semplice o doppia ecc.

Le piantane possono altresì variare sia nell'altezza così come nelle forme. Si avranno pertanto piantane normali, ridotte, extra lunghe, speciali per posizionamento su pali semaforici, pali a collo d'oca o a giro. Tutte le tipologie previste per l'uso nella Città di Torino sono quelle delle normative vigenti.

Tutti i tipi di sostegno saranno chiusi alla estremità superiore da un cappello saldato o inamovibile, anche in materiale plastico, purchè resistente agli agenti atmosferici.

Tutti i tipi di sostegno dovranno essere in pezzo unico e pertanto non dovranno presentare su tutta la lunghezza alcuna saldatura o giunzione se non quelle assolutamente indispensabili per le caratteristiche peculiari dei sostegni stessi.

I sostegni dovranno essere zincati a caldo per immersione secondo le norme UNI 5101 e ASTM 123 e dovranno avere un foro passante per l'inserimento dello spinotto anti-rotazione posizionato a circa 5 cm dal termine della parte tubolare.

5.2.2 Paline con anello portadisco o portaquadrello ("Paline tipo Torino")

Dovranno essere in tubo di acciaio, trafilato a freddo con saldatura longitudinale per induzione ricavata da nastro con resistenza non inferiore a S275 diametro esterno mm 60 con spessore minimo del tubo di mm 3,25.

L'anello portadisco (o il portaquadrello) dovrà essere realizzato in tubolare di Ø mm 27, in acciaio come sopra, dovrà avere un diametro interno netto di mm 630 con i due pernetti fissi saldati in posizione 0° e 120° e con foro per il pernetto mobile posto in posizione a 240°.

La congiunzione della palina all'anello portadisco sarà effettuata mediante saldatura eseguita a regola d'arte previo schiacciamento della parte sommitale del tubolare di sostegno, fino ad unire armoniosamente i due elementi.

Palina semplice detta "piantana" (Tipo comunemente commerciale).

Dovrà essere in tubo di acciaio con caratteristiche analoghe a quelle descritte al comma precedente, potrà essere di due sezioni:

- mm 48 spessore minimo mm 3 (da utilizzarsi per piantane ridotte speciali)
- mm 60 spessore minimo mm 3,25 (per tutti gli altri usi)

5.2.3 Altri sostegni tubolari

Pali utilizzati per sostenere cartelli in numero considerevole o di dimensioni maggiorate saranno di diametro e spessore maggiorati come segue:

Ø mm 90	spessore minimo mm 3,65
Ø mm 100	spessore minimo mm 4,00
Ø mm 115	spessore minimo mm 4,50
Ø mm 120	spessore minimo mm 4,70

Ø mm 150	spessore minimo mm 4,85
Ø mm 180	spessore minimo mm 5,50
Ø mm 200	spessore minimo mm 6,00

5.2.4 Sostegno tipo palo a C o a rotaia

E' costituito da profilato a "C" in acciaio S235, zincato a caldo (zincatura non inferiore a 300 g/mq) sezione 80x120x80 mm e spessore non inferiore a mm 5.

Da usarsi preferibilmente in tratta di strada fuori dai centri abitati lungo sponde erbose o rilevati stradali.

5.2.5 Particolari sostegni e strutture in profilato di alluminio estruso

Per consentire l'esecuzione di lavori finalizzati alla realizzazione di opere di arredo urbano nell'ambito della segnaletica stradale ed elementi complementari della stessa, la Direzione Lavori potrà ordinare la fornitura e l'eventuale posa di sostegni realizzati con profilati particolari in alluminio estruso del tutto simili a quelli descritti nell'articolo precedente ma con diverse dimensioni e sezioni.

5.2.6 Sostegni tipo pali a sbraccio

Sono utilizzati per posare cartelli sospesi sulla carreggiata quando questa è molto larga, affinché sia resa più agevole la vista dei segnali agli utenti.

I tipi e le dimensioni di norma saranno le seguenti:

a) Tipo semplice a sbraccio normale:	
altezza fuoriterra sottotarga	m 5,50
aggetto	m 3,00/4,00
diametro alla base	mm 139
diametro superiore	mm 70
spessore minimo	mm 3,50/4,00
b) Tipo semplice a sbraccio allungato:	
altezza fuoriterra sottotarga	m 5,5
aggetto	m4,00/6,00
diametro alla base	mm180
diametro superiore	mm 95
spessore minimo	mm 5,00/6,00
c) Tipo doppio a sbraccio normale:	
altezza fuoriterra sottotarga	m 5,5
aggetto	m 3,00/4,00
diametro alla base	mm 180
diametro superiore	mm 95
spessore minimo	mm 5,00/7,00

N.B. il cartello viene ancorato al palo in prossimità dell'apice dello sbraccio.

5.2.7 Pali per tesate e altri tipi di strutture.

La Direzione Lavori può richiedere strutture portanti per segnali di media dimensione da collocare su ogni corsia di marcia; dette strutture potranno essere formate da pali per tesata; da strutture composite formate da palo verticale più palo orizzontale, sorretto quest'ultimo da staffa e tirante ancorato al palo verticale; da pali a sbraccio rinforzati per aumentarne la gettata. I pali di cui sopra del tipo "Mannesmann" in acciaio dovranno essere dimensionati a seconda della necessità di portata e impatto ambientale, sempre tenendo conto delle norme NTC2018 come descritte nell'articolo successivo (Portali).

Anche per queste strutture la Ditta è obbligata a consegnare prima della posa in opera il calcolo di stabilità.

5.2.8 Portali e portalini

La Direzione Lavori potrà richiedere la fornitura e posa di portali a bandiera, a farfalla e sovrappassanti.

Le caratteristiche generali saranno le seguenti:

- Materiale: in alluminio o leghe leggere antiossidanti equivalenti e con caratteristiche tendenti a migliorare la resistenza costruttiva della struttura, che sarà scatolata e saldata.
- Altezza utile: sarà tale da consentire una luce libera sotto targa minima di m 5,50 dal punto più elevato della sezione stradale sottostante.

- Plinto di fondazione: sarà in cemento armato di adeguate dimensioni e comprenderà lo scavo eseguito anche a mano, se necessario, le eventuali casserature e sbadacchiature, l'armatura in ferro ed il getto, nonché il tronchetto di fondazione in acciaio annegato nel plinto, dove verrà imbullonato il portale. Tra la base del tronchetto e la base del dritto del portale sarà interposta una piastra in lega speciale, atta ad eliminare la coppia elettrolitica che si formerebbe al contatto diretto fra acciaio e lega leggera.

Tutta la bulloneria di ancoraggio al basamento e quella degli sbracci, nonché quella del cartello al portale, degli eventuali rinforzi al cartello stesso ecc., dovrà essere in acciaio inox; così pure saranno in acciaio inox tutte le staffe utilizzate per bloccare il cartello al portale. Il costo del tutto è compreso nel prezzo della fornitura e posa.

Oltre a quanto detto nella voce relativa agli scavi, del presente articolo tutto il materiale di risulta dovrà essere trasportato alla discarica pubblica a cura e spese della ditta esecutrice dei lavori.

Ogni portale, in base alle dimensioni del cartello da sostenere, dovrà essere calcolato secondo le norme NTC2018, atto a sopportare le sollecitazioni provocate dal vento alla velocità di 150 Km/h sul portale completo di targa.

Il calcolo di stabilità della struttura e della fondazione dovrà essere firmato da un professionista abilitato; la ditta appaltatrice a sua cura e spese dovrà consegnare alla Direzione Lavori in duplice copia, relazione tecnica comprendente il calcolo di stabilità di cui sopra e disegni quotati delle strutture con evidenziati in scala opportuna i particolari del fissaggio e le dimensioni della bulloneria.

Per altri tipi di portali (portali a bandiera o farfalla con tiranteria, portali a cavalletto tubolare composto, portali a sezione diversa non circolari ecc.) la ditta appaltatrice, se richiesto dalla Direzione Lavori, dovrà presentare un modello in scala con allegata una relazione tecnica ove sia evidenziato:

- 1) la superficie massima dei cartelli che possono esservi installati, nonché il peso sopportato e l'incidenza delle eventuali apparecchiature elettriche di illuminazione, sempre tenendo conto della spinta del vento ad una velocità di 150 km/h;
- 2) il materiale impiegato (lega leggera o ferro trattato), il peso totale della struttura e, se necessario, il peso indicativo del tronchetto in acciaio annegato nel plinto;
- 3) le dimensioni del plinto di fondazione; nonché le dimensioni e peso della eventuale armatura in ferro.

La Direzione Lavori sceglierà, a suo insindacabile giudizio, il portale ritenuto più idoneo tenendo conto e delle caratteristiche strutturali e dell'impatto ambientale.

I portalini consistono in strutture simili a quelle sopra descritte ma di dimensioni molto più contenute in relazione alla dimensione dei cartelli che gli stessi dovranno sopportare e alle caratteristiche peculiari dei siti di posa. Anche per queste strutture la Ditta sarà obbligata a consegnare il calcolo di stabilità come sopraddetto.

5.3 SEGNALI ORIZZONTALI

5.3.1 Cordolo flessibile ed elastico in gomma riciclata.

Elemento in gomma riciclata avente la possibilità di essere posato anche con raggi di curvatura non inferiori a 60°, da fissarsi alla pavimentazione con uso di tasselli ad espansione o ad azione chimica.

Sulla faccia a vista devono essere applicati inserti altamente rifrangenti di colore bianco o giallo.

Il colore del cordolo in pasta è prodotto con l'aggiunta di poliuretano pigmentato nei colori: nero, rosso mattone, grigio granito.

Il cordolo ha sezione a quarto di cerchio con raggio cm 10.

5.3.2 Cordolo in gomma "delineatore di corsia".

Tale cordolo, in gomma naturale, composto da elementi modulari di lunghezza cm 100, larghezza cm 30 ed altezza cm 10, dovrà essere di colore giallo con inserti rifrangenti in preformato e dovrà rispondere alle caratteristiche tecniche dei delineatori di corsia di cui all'art. 178 del D.P.R- 16.12.1992, n. 495 e s.m.i.. Dovrà altresì essere predisposto per l'inserimento di delineatori rifrangenti verticali e flessibili quali cilindri, bandierine e simili.

Il rapporto tra base ed altezza deve essere quindi compreso tra due e quattro, il profilo trasversale dovrà essere convesso e la tangente al profilo, lungo l'intero sviluppo, non dovrà formare con l'orizzontale un angolo superiore a 70°. Tale sistema di cordoli dovrà prevedere elementi speciali di testa aventi pendenza

non superiore al 15%; tali elementi dovranno essere opportunamente evidenziati da inserti costituiti da pellicole retroriflettenti di classe 2 o 2 speciale.

I vari elementi saranno posti in opera mediante fissaggio con barre filettate e/o tasselli fissati mediante malte cementizie ad espansione o fiale di materiali indurenti bicomponenti. Il costo di tali elementi di fissaggio è compreso nel prezzo della fornitura e della posa del cordolo di cui trattasi.

Detto cordolo dovrà aver ottenuto decreto di omologazione da parte del Ministero dei LL.PP. dovrà altresì rispondere ai requisiti costruttivi come da prot. 26.11.1996, n. 5228 dell'Ispettorato Generale per la circolazione e la Sicurezza Stradale.

E' altresì possibile l'impiego di altro tipo di cordolo di formato più contenuto, per usi simili aventi le seguenti caratteristiche: elementi modulari di lunghezza cm 100, larghezza cm 16 ed altezza cm 5, dovrà essere di colore giallo con inserti rifrangenti in preformato e dovrà rispondere alle caratteristiche tecniche dei delimitatori di corsia di cui all'art. 178 del D.P.R. 16.12.1992, n. 495. Tutti gli altri requisiti dovranno essere identici a quelli già sopra descritti.

5.3.3 Dossi artificiali in gomma a elementi modulari.

Sono costituiti da elementi in rilievo a profilo convesso e con superficie antisdrucchiolevole, impiegati secondo le prescrizioni di cui all'art. 179 del D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495, Regolamento di Esecuzione del Codice della Strada.

Le dimensioni, la forma, l'altezza, nonché il colore (giallo e nero), sono stabiliti sempre dall'art. 179 del D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 sopra citato.

Gli elementi modulari in gomma dovranno avere superficie opportunamente resa antisdrucchiolevole e garantire un ottimo attrito con le ruote dei veicoli in transito mediante rilievi o zigrinature; dovranno altresì essere muniti di inserti ad alta rifrangenza in laminato elastoplastico in preformato, e l'unione dei vari elementi dovrà prevedere un incastro a coda di rondine o simile in modo che sia possibile la distribuzione degli sforzi da sollecitazione sull'intera serie di elementi posati e non solo sul singolo elemento oggetto d'impatto.

I moduli posati dovranno garantire il regolare deflusso delle acque piovane e verranno ancorati stabilmente alla pavimentazione stradale mediante fissaggio con tasselli ad espansione o ad azione chimica (fiale di resine bicomponenti predosate).

Il sistema modulare deve altresì prevedere l'impiego di elementi terminali particolarmente sagomati per evitare rischi ai veicoli in transito in special modo per i tipi aventi altezza 5 e 7 cm

I dossi modulari di cui sopra dovranno aver ottenuto le prescritte omologazioni da parte del Ministero dei LL.PP. di cui dovranno essere forniti gli estremi alla Direzione Lavori prima del collocamento in opera.

5.3.4 Dosso artificiale modulare a piattaforma in gomma.

E' costituito da elementi modulari in gomma riciclata, con l'aggiunta di poliuretano o materiale analogo rinforzato; di foggia idonea alla realizzazione di piattaforme rialzate di dimensioni variabili aventi lo scopo di obbligare i conducenti dei veicoli in transito a rallentare onde aumentare la sicurezza dei pedoni impegnati nell'attraversamento della sede stradale.

I moduli perimetrali saranno opportunamente sagomati e dovranno possedere tutte le caratteristiche già espresse nella descrizione della voce precedente e comunque dovranno essere conformi a quanto disposto dall'art. 179 del D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495, Regolamento di Esecuzione del Codice della Strada e possedere la prescritta omologazione da parte del Ministero dei LL.PP.

5.3.5 Caratteristiche comuni ai vari tipi di cordoli e dossi artificiali in gomma.

Il materiale dovrà essere antisdrucchiolevole sia quando asciutto sia quando bagnato o umido con un coefficiente di attrito minimo a umido di 45°, dovrà avere caratteristiche autopulenti ovvero autopulirsi in occasione delle precipitazioni atmosferiche.

Il materiale non dovrà subire alcuna alterazione per effetto degli agenti atmosferici, dei sali e soluzioni saline antighiaccio e in caso di perdite accidentali di oli lubrificanti e/o carburante.

Il materiale dovrà resistere efficacemente al traffico assicurando una vita di impiego non inferiore ai due anni su strade di grande traffico con sedime stradale bitumato o costituito da prismi lapidei.

La scelta dei prodotti sopra descritti verrà effettuata dalla Direzione Lavori tenendo conto delle caratteristiche di progetto, dei luoghi d'impiego e dell'economicità delle soluzioni proposte. Il collocamento

in opera dei sistemi modulari di cui sopra è tassativamente subordinato alla presenta posa in opera della relativa segnaletica verticale (ed eventualmente orizzontale) di preavviso.

5.3.6 Fittone in gomma riciclata

Elemento sagomato in gomma riciclata colorata in pasta con applicazione su tutta la circonferenza di corone e inserti rifrangenti e avente in asse un foro passante predisposto per l'alloggiamento di una piantana di mm 60 di diametro, avente le seguenti dimensioni di massima- altezza cm 85 e Ø da 20 a 40 cm (sagomato) base Ø cm 60, fissaggio mediante impiego di quattro tasselli a espansione.

5.3.7 Dissuasore tipo "panettone" in polietilene rinforzato.

Elemento cavo all'interno e predisposto per il riempimento con acqua o sabbia, munito di tappo di riempimento e tappo di scarico ed avente ottima resistenza agli urti e agli agenti atmosferici, inserti rifrangenti in preformato con applicazione di pellicola retroriflettente classe 2 o inserti in laminato elastoplastico rifrangente, colore inalterabile alla luce solare.

- Dimensioni: Ø 50 cm, altezza 50 cm, colori di base: giallo-arancio-bianco.

5.3.8 Barriera tipo "New Jersey" in polietilene rinforzato.

Le caratteristiche sono identiche a quelle descritte nell'articolo precedente, la sezione è quella tipica delle barriere tipo "New-Jersey", colori: rosso-bianco-giallo.

- Dimensioni: lunghezza cm 100, larghezza cm 40 circa, altezza cm 70 circa.

5.3.9 Delineatore tipo "indicatore di direzione" in polietilene rinforzato.

Le caratteristiche generali sono del tutto simili a quelle descritte per gli elementi di cui ai due punti precedenti, ovviamente differiscono sagoma e dimensioni.

Gli elementi sono costituiti da un corpo cilindrico o ellissoidale presentante frontalmente una cuspidata arrotondata, sono cavi all'interno onde permettere l'agevole riempimento o zavorraggio. Sono applicate alla superficie frontale pellicole retroriflettenti di classe 2 o 2 speciale riportanti a richiesta simboli a freccia ovvero i segnali di cui alle figure II 82a, 82b, 83 del C. d. S.

- Colori: giallo-verde-blu.

- Dimensioni: Ø 100 cm H 125 cm, Ø 150 cm H 135 cm, Ø 200 cm H 170 cm circa.

5.3.10 Dissuasore tipo "panettone" in conglomerato cementizio.

Elemento in conglomerato cementizio liscio o finemente granigliato con colazione in pasta, dosaggio 350 e cemento tipo 425, gettato in cassero metallico e munito di inserto cavo filettato con anello removibile per il sollevamento e trasporto, predisposto per l'installazione di corona rifrangente in lamierino di alluminio con applicazione di pellicola retroriflettente di classe 2 di colore bianco/rosso o giallo.

Dimensioni indicative: Ø 50 cm, H 50 cm, peso Kg 210 circa.

5.3.11 Calotta in gomma denominata "marker"

Da usarsi prevalentemente per la protezione di corsie riservate o piste ciclabili come rafforzamento delle demarcazioni previste effettuate con segnaletica orizzontale.

Dovranno essere antisdrucchiolevoli per qualità e conformazione del materiale e/o disegno della superficie calpestabile, dovranno essere munite di inserti rifrangenti in laminato plastico inamovibile di colore bianco o giallo e potranno essere ancorate alla pavimentazione mediante bullone e tirante centrale in acciaio speciale o tasselli chimici.

Dimensioni di massima: cm 25 di Ø, altezza da cm 3 a cm 4.

5.3.12 Calottine spartitraffico in alluminio.

Da posare sulla carreggiata ad integrazione di segnaletica orizzontale di separazione di corsie, o divisione dei sensi di marcia, delimitazioni di curve pericolose, ecc.

Elementi in alluminio speciale zigrinato antiscivolo, ancorate alla pavimentazione mediante gambo centrale antirotazione, infisso in foro praticato nella pavimentazione e fissato con speciali mastici collanti.

Dimensioni di massima: diametro di circa mm 120 ed altezza di circa mm 10.

Tutte le calotte, gemme, bandierine, ecc. dovranno avere un ancoraggio al sedime stradale garantito per almeno 24 mesi dalla data della posa in opera.

5.3.13 Calottine rifrangenti speciali dette "occhi di gatto".

Le calottine rifrangenti, di colore bianco o giallo, dovranno essere in materiale plastico resistentissimo agli urti, o in particolare lega metallica, da ancorarsi alla pavimentazione con applicazione di particolari resine bicomponenti su qualsiasi tipo di pavimentazione, anche lapidea. La rifrangenza è assicurata dall'inserimento nella calotta di due o più sfere in vetro, del diametro di circa mm 10, particolarmente trattate, ovvero da due o più inserti catadiottrici ad elevata visibilità notturna.

Dimensioni di massima: diametro di circa cm 12, altezza di circa mm 20.

Tutte le calotte, gemme, bandierine, ecc. dovranno avere un ancoraggio al sedime stradale garantito per almeno 24 mesi dalla data della posa in opera.

5.3.14 Dispositivi ad altissima rifrangenza denominati "gemme".

Da posarsi sulla carreggiata in zone poco illuminate per rendere maggiormente visibili, nelle ore notturne banchine o curve particolarmente insidiose o pericolose. Normalmente costituiti da elementi rettangolari di dimensioni circa cm 13x8 e spessore cm 2.

La superficie di impatto dovrà essere interamente rifrangente, a disegno prismatico e superiore alla rifrangenza data dalle normali pellicole di classe 2.

Dovranno essere costituite da un corpo unico in policarbonato ad altissima resistenza agli urti veicolari, preferibilmente munite di gambo da inserire nella pavimentazione stradale.

Il colore delle calotte può essere bianco o giallo, la rifrangenza, a seconda del posizionamento può essere su entrambe le facciate d'impatto bianco o giallo, oppure con una sola faccia rifrangente in uno dei colori suddetti.

La posa sarà eseguita con foratura del manto stradale (per il tipo provvisto di gambo) e comunque sempre fissate con apposito collante costituito da resine bicomponenti.

Tutte le calotte, gemme, bandierine, ecc. dovranno avere un ancoraggio al sedime stradale garantito per almeno 24 mesi dalla data della posa in opera.

5.3.15 Delineatori flessibili lamellari tipo "bandierine".

Sono costituiti da elementi lamellari flessibili, in materiale plastico o in gomma cedevole all'urto ma con caratteristiche strutturali tali da far riprendere la posizione eretta senza rotture o danneggiamenti e senza distacco dalla pavimentazione stradale, di colore rosso-segnale, di altezza compresa tra cm 20 e cm 30, con applicazione su ambo le facce di inserti retroriflettenti, catadiottrici o altro materiale ad alta rifrangenza.

Le bandierine dovranno essere incollate sulla pavimentazione (lapidea e bituminosa) con idonei materiali bicomponenti come già descritto nei punti precedenti.

Tutte le calotte, gemme, bandierine, ecc. dovranno avere un ancoraggio al sedime stradale garantito per almeno 24 mesi dalla data della posa in opera.

5.3.16 Vernice spartitraffico normale (composto di resina alchidica e clorocaucciù)

La vernice da impiegarsi dovrà essere di ottima qualità e non dovrà assumere, in alcun caso, colorazioni diverse da quelle ordinate; dovrà avere caratteristiche chimiche tali da garantire una completa innocuità nei confronti delle pavimentazioni, dovrà possedere caratteristiche fisiche capaci di conservarne inalterata e costante la visibilità e la brillantezza, sino alla completa consumazione; dovrà avere una buona resistenza all'usura provocata sia dal traffico sia dagli agenti atmosferici; dovrà essere tale da aderire tenacemente a tutti i tipi di pavimentazione; non dovrà avere tendenza al disgregamento, nè lasciare polverature di pigmento dopo l'essiccazione, nè assumere una colorazione grigia al transito delle prime auto.

La vernice spartitraffico normale dovrà inoltre avere le seguenti caratteristiche di massima:

- peso specifico: $\leq 1,80$ Kg/l a 25°C
- residuo secco: non inferiore al 77% in peso
- essiccazione al tatto a 25°C: inferiore a 20 minuti
- essiccazione totale a 25°C: inferiore a 60 minuti, 5 minuti fuori polvere, 30 minuti transitabile
- viscosità 20° C: 500 cp (70-80 KV)
- percentuale di sfericità delle perline: non inferiore all'80%
- potere coprente a 380 micron umidi: non inferiore a 1,50 mq/Kg
- resina: composto di resina alchidica e clorocaucciù

- resistenza all'usura di ruote gommate: consumo non superiore al 30% in sei mesi

N.B. Le caratteristiche delle vernici spartitraffico normali impiegate devono comunque rispettare i valori previsti dalle norme UNI 8360, 8361, 8362 in merito alla determinazione della massa volumica, della consistenza e dei tempi di essiccamento.

5.3.17 Vernice spartitraffico rifrangente

La vernice rifrangente oltre ad avere le caratteristiche sopracitate, dovrà essere del tipo con perline di vetro premiscelato, le quali dovranno essere incolori e non diventare lattescenti con l'usura ed in presenza di umidità; inoltre le suddette perline di vetro dovranno avere un diametro compreso tra 60 e 800 micron, proporzionalmente dosate, e la loro quantità dovrà oscillare tra il 25 e il 33% del peso totale della vernice, con le stesse caratteristiche della vernice spartitraffico normale e con indice di rifrangenza delle perline non inferiore a 1,5.

La Direzione Lavori potrà in casi specifici richiedere una ulteriore spanditura di microsfele sulla vernice, prima del suo completo essiccamento.

N.B. Le caratteristiche delle vernici spartitraffico rifrangenti impiegate devono comunque rispettare i valori previsti dalle norme UNI 8360, 8361, 8362 in merito alla determinazione della massa volumica, della consistenza e dei tempi di essiccamento.

5.3.18 Vernice spartitraffico ecologica

Detta vernice, comunemente detta vernice all'acqua o acrilica, è priva di solventi nocivi, pur essendo ancora in fase sperimentale, dovrà rispettare tutte le caratteristiche della vernice spartitraffico con le seguenti eccezioni:

- il tempo di essiccazione (al tatto) dovrà essere inferiore a 60 minuti;
- resistenza all'usura di ruote gommate: consumo non superiore al 30% in sei mesi;

N.B. Le caratteristiche delle vernice spartitraffico ecologiche impiegate devono comunque rispettare i valori previsti dalle norme UNI 8360, 8361, 8362 in merito alla determinazione della massa volumica, della consistenza e dei tempi di essiccamento.

5.3.19 Vernice spartitraffico rifrangente specifica per superfici lapidee

Detta vernice ha caratteristiche particolari per l'impiego specifico su pavimentazioni di tipo lapideo. E' un composto a base di resina acrilica termoplastica e plastificata con benzilbutilftalato pigmentato con biossido di titanio e addizionato con perline di vetro sciolte in idrocarburi aromatici e chetoni.

Detta vernice dovrà avere le seguenti caratteristiche di massima:

- residuo secco: 75 – 77%
- peso specifico a 20°C: 1600 - 1650 gr/lt.
- viscosità Krebs unity a 20°C: 78 - 80 K.U.
- viscosità d'impiego Coppa Ford a 20°C: 15" – 25"
- perline rifrangenti: min. 20%
- tempo di essiccazione a 25°C: max 40 minuti

5.3.20 Termo-spruzzato plastico

Detto materiale verrà impiegato prevalentemente per l'esecuzione di linee di mezzzeria e corsia sui corsi e vie della viabilità primaria della Città.

Le linee o i tratteggi eseguiti in termospruzzato plastico rifrangente bianco, dovranno essere applicate a spruzzo mediante speciali macchine operatrici munite di caldaia.

Il materiale plastico verrà steso sulla pavimentazione ad una temperatura di circa 200°C. Il raffreddamento dovrà essere quasi immediato onde poter consentire la predisposizione di un cantiere mobile che eviti di dover interrompere il flusso veicolare.

Per migliorare la rifrangenza, oltre alle perline miscelate nel prodotto, con dimensioni e quantità descritte al punto successivo, è necessario effettuare durante la stesa del termoplastico una post spruzzatura di perline di vetro sulla striscia appena spruzzata.

Le caratteristiche del materiale plastico con le opportune lavorazioni per renderlo meno denso, onde consentire l'uso di spruzzatori, sono simili a quelle indicate per il termo-colato plastico descritto al punto seguente come pure i requisiti di indeformabilità, antiscivolosità ecc.. La durata non dovrà essere inferiore a mesi diciotto con obbligo di manutenzione.

5.3.21 Termo-colato plastico

Detto materiale verrà impiegato prevalentemente su manti stradali nuovi o comunque in ottimo stato di manutenzione per l'esecuzione delle strisce di mezzzeria, corsia, tratteggi ecc. della larghezza di cm 12 o 15 che potranno anche presentare tratti in rilievo costituenti una "striscia ad effetto sonoro".

Le demarcazioni eseguite con pellicola termo-plastica rifrangente bianca dovranno essere eseguite a caldo previo riscaldamento del materiale ad una temperatura non inferiore a 210°C mediante l'impiego di apposite macchine operatrici con estrusione a velo.

Dovranno essere impiegate pellicole termoplastiche rifrangenti, costituite da leganti di natura organica, pigmenti inorganici, cariche di natura inorganica e senza contenuto di solventi.

Il materiale termo-plastico sarà costituito da:

- a) Legante organico - Composto da resine termoplastiche resistenti all'idrolisi, additivate con plastificanti e stabilizzanti. Tali componenti dovranno essere solidalmente saturi e privi di funzionalità reattive, al fine di assicurare, alle alte temperature, quella elevata stabilità dei parametri tipici, che è necessaria per una buona affidabilità del processo applicativo. Nella composizione, la percentuale in peso del legante organico sarà compresa tra il 18 e il 24%. Ciò in relazione a densità e caratteristiche reologiche del legante ed a densità e granulometria degli inorganici.
- b) Pigmenti - In relazione ai colori bianco e giallo, i pigmenti inorganici, vincolati ad un dosaggio comunque superiore ai valori minimi, sono rispettivamente il Biossido di Titanio ed il Solfuro di Cadmio. Sono ammessi in sostituzione pigmenti di natura organica con tossicità inferiore.

Sono vietati i cromati di piombo.

- Biossido di Titanio superiore al 15% (le pitture sono da produrre esclusivamente a caldo).

- Solfuro di Cadmio compreso tra l'1,75% ed il 3,75%.

- c) Cariche - Le cariche inorganiche hanno lo scopo di modificare le caratteristiche fisiche della composizione, conferendo resistenza alla compressione ed alla abrasione, ruvidità superficiale e coadiuvano i pigmenti a realizzare caratteristiche cromatiche durevoli.

Le cariche che dovranno essere impiegate sono: il carbonato di calcio in differenti granulometrie, i caolini, le sabbie silicee, i quarzi e le quarziti macinati e calcinati, le bariti, la mica chiara, la bauxite calcica ecc.

Per la pellicola termoestrusa la composizione granulometrica delle cariche dovrà essere tale da determinare un residuo massimo dell'1,5% al setaccio avente 0, 297 mm di maglia (setaccio il 50 ASTM).

Il dosaggio complessivo delle cariche potrà variare entro limiti abbastanza ampi, in funzione della loro densità e granulometria ed è compreso tra i seguenti valori: tra il 30% ed il 50%.

- d) Sfere di vetro - Le sfere di vetro incorporate nella composizione (premiscelate) hanno lo scopo di conferire proprietà catarifrangenti durevoli; saranno realizzate con vetro ad indice di rifrangenza non inferiore a 1,50 determinato col metodo ad immersione con luce al tungsteno e dovranno essere esenti da bolle d'aria e di particelle di vetro asferiche. Il loro dosaggio è compreso tra il 10% ed il 30%.

Granulometria:

SETACCI ASTM	% sfere passanti
N. 70	100
N. 80	85 - 100
N. 140	15 - 55
N. 230	0 - 10

Metodo di applicazione: Dovendo portare a fusione il materiale plastico, onde consentire una perfetta adesione al manto stradale, le macchine per l'applicazione dovranno disporre di un serbatoio riscaldante ad elevata temperatura (oltre 210°) e di un particolare applicatore che consenta un'omogenea stratificazione. Al fine di non costituire pericolo nel centro abitato, dette macchine non dovranno avere caldaie e serbatoi in pressione.

Detto materiale plastico dovrà possedere i sottoelencati requisiti:

- grammatura prevista non inferiore a 4 Kg/mq con spessore della pellicola estrusa applicata non inferiore a mm 2;
- sufficiente rifrangenza e visibilità;
- indeformabilità agli agenti atmosferici, comprese le variazioni termiche; stabilità del colore, con gradazione conforme alle norme vigenti (non deve ingiallire); repulsività ai residui carboniosi degli

scarichi automobilistici, alle particelle di nero contenute nei pneumatici, al pulvisco per cariche elettriche (non deve prendere il colore grigio tipico dei manti stradali);

- non infiammabilità;
- perfetta adesione al suolo;
- antiscivolosità nei riguardi del transito sia dei pedoni che dei veicoli di qualsiasi tipo e in qualsiasi condizione di tempo e per il caso specifico dei veicoli, anche durante la fase di frenatura assenza di riflessi speculari.

Su detto materiale si dovrà poter transitare dopo un tempo massimo di 10 minuti dalla sua applicazione.

Anche per questo materiale la Direzione Lavori potrà richiedere la spruzzatura, in corso di esecuzione, di microsfere di vetro in ragione del 10% minimo.

La resistenza all'usura prevede una durata minima di mesi 36 con obbligo di manutenzione.

Esecuzione di strisce a profilo variabile (striscia ad effetto sonoro)

La segnaletica a "profilo variabile" ha il duplice scopo di:

1. migliorare la visibilità della striscia stessa in caso di maltempo: infatti le "barrette" emergono dal velo d'acqua che si crea sull'asfalto in caso di pioggia;
2. aumentare la sicurezza del traffico veicolare in quanto, qualora un autoveicolo transitasse al di sopra della striscia, produrrà una vibrazione sonora che consente al conducente di percepire immediatamente la situazione di pericolo.

L'applicazione viene effettuata da una idonea macchina operatrice dotata di estrusore con apparecchiatura di controllo per la creazione sia della base che della barretta (profilo variabile).

La distanza tra le suddette "barrette" sarà variabile fino ad un massimo di 15 cm mentre l'altezza delle "barrette" dovrà essere non inferiore a 6 mm (misurata dal piano viabile).

La grammatura della "base" (ossia del film plastico ad altezza costante sul quale, poi, a distanza predeterminata verranno create le "barrette"), dovrà essere:

- non inferiore a 240 gr/m per la striscia da cm 12;
- non inferiore a 300 gr/m per la striscia da cm 15;
- non inferiore a 400 gr/m per la striscia da cm 20.

5.3.22 Laminato elastoplastico rifrangente

Detto materiale sarà usato per l'esecuzione di passaggi pedonali, barre di arresto e altri segni sulla carreggiata prevalentemente su manti stradali nuovi o comunque in buono stato di manutenzione.

I laminati impiegati per la realizzazione della segnaletica orizzontale dovranno essere costituiti da una pellicola formata da miscele di speciali elastomeri e resine, sufficientemente elastici per resistere alle differenze di dilatazione e piccoli spostamenti del fondo stradale, contenenti una dispersione di microgranuli di speciale materiale ad alto potere antisdrucchiolo e di microsfere in vetro o ceramica con buone caratteristiche di rifrazione che conferiscano al laminato stesso un buon potere retroriflettente. I suddetti materiali dovranno essere prodotti da Ditte in possesso del sistema di qualità secondo le norme UNI-EN 29000.

Particolare cura dovrà essere posta nell'incollaggio dei bordi del laminato onde evitare, nel tempo, infiltrazioni d'acqua e relativo distacco del materiale che potrebbe risultare pericoloso, soprattutto per il transito pedonale.

Tipologia del materiale da impiegarsi:

- a) Laminato elastoplastico di tipo normale ovvero da incollarsi alle pavimentazioni stradali per mezzo di due prodotti, l'uno detto "fissapolvere" da stendere sulla pavimentazione stradale, l'altro detto "attivatore" da stendersi sulla superficie inferiore dei laminati stessi.
- b) Laminato elastoplastico detto autoadesivo in quanto è previsto l'uso del solo "fissapolvere" da stendersi sulla pavimentazione stradale mentre i laminati stessi sono già provvisti di collante distribuito sulla faccia inferiore, protetta da un film facilmente removibile al momento dell'impiego.

Detti laminati dovranno possedere i sottoelencati requisiti:

- microsfere con indice di rifrazione maggiore o uguale a 1,5;
- il materiale usato dovrà garantire la presa del collante in tempi brevi, comunque, non > ai 30 minuti;
- spessore del laminato compreso tra 1,5 e 2,5 mm;
- valore iniziale di rifrangenza non inferiore a 300 mcd/lux * mq misurata con geometria Ecolux;
- indeformabilità agli agenti atmosferici comprese le variazioni termiche;

- stabilità del colore, con gradazione conforme alle norme vigenti (non deve ingiallire ne annerire);
- repulsività ai residui carboniosi degli scarichi automobilistici, alle particelle di nero contenute nei pneumatici, al pulviscolo per cariche elettriche (non deve prendere il colore grigio tipico dei manti stradali);
- non infiammabilità;
- perfetta adesione al suolo;
- valore iniziale di antiscivolosità non inferiore a 45 S.R.T. con materiale bagnato;
- assenza di riflessi speculari.

La resistenza all'usura prevede una durata minima di mesi 36 con obbligo di manutenzione.

5.3.23 Materiale plastico bicomponente

Detto materiale sarà usato prevalentemente su pavimentazioni recenti o in buono stato di manutenzione per l'esecuzione di passaggi pedonali, linee di arresto, ecc. di lunga durata.

Il materiale bicomponente è caratterizzato dalla miscelazione a freddo di due elementi, il composto chimico (elemento A) e l'indurente (elemento B) che mescolati, repentinamente (4-8 minuti) solidificano formando una corposa pellicola di spessore compreso tra 1 e 3 mm, molto resistente all'usura.

Di norma la composizione dei due materiali che si miscelano sarà così formata:

- Composto chimico (Elemento A).
 - a) Legante organico: composto da resine plastiche resistenti all'idrolisi, additivato con plastificanti e stabilizzanti nella composizione, la percentuale in peso delle resine sarà compresa tra il 18% ed il 24%.
 - b) Pigmenti: in relazione ai colori bianco e giallo, i pigmenti inorganici adottati sono rispettivamente il Biossido di Titanio ed il Solfuro di Cadmio. Sono ammessi pigmenti di natura organica di più bassa tossicità. Sono vietati i cromati di piombo. I dosaggi prescritti sono: biossido di titanio superiore al 4,8%, solfuro di Cadmio compreso tra 1,75% e 3,75%.
 - c) Cariche: le cariche inorganiche hanno lo scopo di modificare le caratteristiche fisiche della composizione, conferendole resistenza alla compressione ed all'abrasione, ruvidità superficiale e coadiuvano i pigmenti a realizzare caratteristiche cromatiche durevoli.
Le cariche che dovranno essere impiegate sono: il carbonato di calcio in differenti granulometrie, i caolini, le sabbie silicee, i quarzi e le quarziti macinati i calcinati, e le beriti, la mica chiara, la bauxite calcinata, ecc.
Il dosaggio complessivo delle cariche potrà variare entro limiti abbastanza ampi, in funzione della loro densità e granulometria e sarà compreso tra il 45% ed il 75%.
- Indurente (Elemento B).

E' composto da Perossido di Di-Benzoile in proporzione variabile da una parte per ogni sessanta ad una parte per ogni trenta dell'elemento A.
Serve per attivare la reazione chimica di indurimento dell'elemento A e deve essere mescolato al suddetto elemento immediatamente prima della posa in opera.
- Sfere di vetro.

Le sfere di vetro (solo post-spruzzate) saranno realizzate con vetro ad indice di rifrangenza non inferiore a 1,50 determinato coi metodo di immersione con luce al tungsteno ed esenti da bolle d'aria e da particelle di vetro non sferiche. Per la granulometria ed il dosaggio vale quanto detto per i colati plastici.
- Metodo di applicazione.

Dopo aver miscelato i due componenti (A+B) nelle proporzioni indicate precedentemente, viene effettuata la stesa manuale, previa tracciatura e delimitazione della zona d'impiego con dime o nastri adesivi, mediante frattazzo della miscela avente peso specifico medio non inferiore a 2 Kg/mq e spessore della pellicola non inferiore a mm 1,2.

Il materiale dovrà avere i seguenti requisiti:

- forte resistenza all'abrasione;
- massima rifrangenza e visibilità;
- buona resistenza all'acqua e ai sali antigelo;
- buona visibilità allo stato bagnato;
- indeformabilità agli agenti atmosferici comprese le variazioni termiche;

- stabilità del colore con gradazione conforme alle vigenti norme (non deve ingiallire);
- repulsività ai residui carboniosi degli scarichi automobilistici, alle particelle di nero contenute nei pneumatici, al pulviscolo per cariche elettriche (non deve prendere il colore grigio tipico dei manti stradali);
- non infiammabilità
- perfetta adesione al suolo;
- antiscivolosità nei riguardi del transito sia dei pedoni che dei veicoli di qualsiasi tipo ed in qualsiasi condizione di tempo e, per il caso specifico dei veicoli, anche durante la fase di frenatura;
- assenza di riflessi speculari.

Su detti materiali si dovrà poter transitare dopo un tempo massimo di 15 minuti dalla sua applicazione.

Le applicazioni eseguite con detto materiale dovranno avere una garanzia di perfetta efficienza di almeno 24 mesi.

5.3.24 Bande ad effetto ottico.

Sono sistemi di rallentamento di velocità ad effetto ottico, costituite da strisce trasversali di colore bianco, rifrangenti, di dimensioni e proporzioni stabilite dall'art. 179 del Regolamento di Esecuzione dei C.d.S. (D.P.R. 16.12.1992, n. 495).

Il materiale normalmente impiegato sarà vernice ad alta resistenza con post-spruzzatura di perline di vetro, bicomponente plastico, laminato elastoplastico o colato plastico di spessore non superiore a 3 mm, tutti comunque con caratteristiche rifrangenti.

Le caratteristiche dei vari materiali sono già descritte negli articoli precedenti della presente sezione del Capitolato Speciale d'Appalto parte B e verranno computati per mq di stesa effettiva.

5.3.25 Bande ad effetto acustico.

Sono sistemi di rallentamento di velocità ad effetto acustico in quanto, senza provocare danni al veicolo, inducono il conducente al rallentamento ed al rilascio dell'acceleratore.

L'effetto è ottenuto o mediante fresatura della pavimentazione o mediante applicazione di materiali come laminati plastici di un certo spessore, colati plastici pure in spessore, tappeti in PVC con aggiunta di materiale granulato e altri sistemi.

Le caratteristiche dei materiali impiegati sono le seguenti:

Laminato elastoplastico

Bande rifrangenti a doppio strato costituite da una striscia, detta di ancoraggio, di larghezza cm 15 e spessore mm 1,5-2, alla quale viene sovrapposta un'altra striscia di larghezza cm 8 e spessore mm 5-6, applicate sulla pavimentazione in batterie costituite da più elementi trasversali, di norma da 4 a 12 barre per batteria. La soluzione ideale tipo prevede il collocamento di n. 4 batterie, opportunamente distanziate, costruite da un numero di elementi sempre crescente nel senso di marcia ovvero da 4-6-8-10 elementi.

Colato plastico rifrangente

Realizzazione di barre trasversali in spessore da 3 a 10 mm, colate a caldo in bicomponente direttamente sul manto stradale.

Doppio strato di cloruro di polivinile

Sono realizzate mediante l'incollaggio alla pavimentazione di una serie di barre trasversali composte da una speciale guaina in PVC miscelato a plastificanti di sintesi e oli di petrolio alla quale, già in sede di fabbricazione, vengono aggiunti inerti granulati, di origine basaltico-ardesica, fissati da resine polimerizzabili che assicurano una perfetta tenuta del materiale e garantiscono un'elevata rumorosità pur garantendo una elevata resistenza e caratteristiche antisdrucchiolevoli.

La posa in opera viene effettuata mediante incollaggio delle barre, di norma della larghezza di cm 50, su pavimentazioni pulite ed asciutte mediante colla bituminosa da sciogliersi a caldo (max. 180°C.) previa stesura di un apposito primer di sottofondo. L'operazione viene completata con la rifilatura a caldo dei bordi di incollaggio.

Caratteristiche del materiale da impiegarsi:

- - bande a spessore medio 12 mm con granulato 8/10, peso specifico 12 Kg/mq circa;
- - bande a spessore medio 10 mm con granulato 6/8, peso specifico 9-10 Kg/mq circa.

N.B.:Il granulato potrà avere colorazione nera-antracite (basalto ardesico) o bianca (quarzo bianco) ed il supporto elastomerico sarà opportunamente colorato in pasta, nero o bianco a richiesta.

Per tutti i tipi sopradescritti è richiesta omologazione da parte del Ministero dei LL.PP. che dovrà essere fornita alla Direzione Lavori prima della posa in opera, tutti i materiali dovranno offrire una garanzia di durata non inferiore a mesi 36.

6. MODALITÀ DI ESECUZIONE

6.1 Criteri di posa e dimensioni dei sostegni

L'altezza della palina oltre ad essere in funzione delle dimensioni del cartello o del numero dei segnali da collocare (tenendo conto dei prescritti franchi di sicurezza richiesti dal Codice Stradale) dipende anche dall'ubicazione del sito di posa (marciapiede rialzato, largo o stretto, marciapiede a raso, banchina spartitraffico non pedonabile, ecc.).

Tutti i sostegni e le staffe dovranno essere dimensionati per resistere all'azione del vento, secondo le normative vigenti in relazione alla zona di posa, tenuto conto della superficie dei cartelli da installare aumentata del 5% per maggior garanzia di sicurezza.

La Direzione Lavori si riserva di stabilire l'altezza del posizionamento dei segnali in funzione del tipo di sostegno adottato.

6.2 Manutenzione dei sostegni

Quando, a giudizio della Direzione Lavori, la palificazione esistente sia ritenuta ancora in condizioni tali da non determinare la sua rimozione, all'Appaltatore potrà essere richiesto, oltre alla fornitura in opera del segnale stradale, anche la manutenzione del sostegno. Questo dovrà essere reso perfettamente verticale, se del caso, rifacendo o rinforzando il basamento.

Se necessario dovrà pure essere verniciato con una mano di antiruggine al 25% di cromato di zinco e 15% di ossido di zinco sul totale dei pigmenti e una mano di vernice sintetica per palificazioni di colore da convenirsi.

Particolare cura dovrà essere posta nella preparazione della superficie; prima della stesa della vernice questa dovrà essere ben ripulita da terriccio, olii, grassi, detriti e altri eventuali materiali estranei, inoltre dovrà essere raschiata con spazzole di ferro e scartavetrata onde rimuovere totalmente l'ossidazione.

La vernice verrà stesa in strato uniforme e continuo, di sufficiente corposità e spessore, evitando colature e macchie in genere.

Particolare riguardo si dovrà avere nel verniciare paline ancorate a pali semaforici e di altre utenze evitando spruzzatore e pennellate su dette strutture, che comunque dovranno essere immediatamente eliminate a totale carico dell'appaltatore. Gli eventuali danni saranno a carico dell'Appaltatore appaltatrice dei lavori.

Tutto il colore sparso incidentalmente dovrà essere eliminato dall'area pavimentata. Si dovrà pure evitare di sporcare con residui di vernice: muri, marciapiedi, cordoli, bordure di aiuole, alberi, siepi, griglie, ecc.

Tutta la vernice dovrà essere applicata sulla struttura ben asciutta e priva di umidità con idonea attrezzatura. Le superfici appena dipinte, dovranno essere protette dagli eventuali danni che potrebbero arrecarsi ai veicoli e ai pedoni in transito, per tutto il periodo di tempo necessario all'essiccamento della vernice.

Dovendo operare in zone percorse da pedoni è necessario collocare durante la verniciatura e fino a totale essiccazione, appositi cartelli con la dicitura "VERNICE FRESCA".

Qualsiasi parte danneggiata di segnaletica appena dipinta, sarà riverniciata e gli eventuali segni di sbavatura saranno immediatamente eliminati a totale carico dell'appaltatore.

6.3 Manutenzione di segnaletica esistente

Nel caso in cui il lavoro consista nella sola sostituzione del cartello è tassativamente vietata la rimozione del cartello stesso, o la sua copertura, senza la immediata sostituzione con quello nuovo, in quanto il messaggio deve comunque sempre essere visibile.

6.4 Scavi e rinterri inerenti la posa di segnaletica verticale

Gli scavi dovranno essere eseguiti a mano o con idonee attrezzature su qualunque tipo di pavimentazione. Nessun maggior compenso verrà riconosciuto all'Appaltatore per presenza di puddinga o di macigno, né per l'esistenza palese o celata nel terreno di vecchie mura, di fondazioni, canali, fognature, ecc. Prima di

procedere agli scavi l'Appaltatore dovrà rilevare a propria cura e spesa l'esistenza di cavi, tubazioni e altri servizi che possano ostacolare i lavori.

Nel caso in cui si arrecasse danno a persone e/o a cose l'Appaltatore appaltatrice dovrà sollevare da ogni responsabilità civile e penale i funzionari e l'Amministrazione stessa. Dovrà comunque segnalare immediatamente l'inconveniente alla Direzione Lavori

Nel caso di rimozione di sostegno con relativo blocco di fondazione, è fatto obbligo alla Ditta di provvedere al riempimento della cavità creatasi con materiali inerti o terreno naturale poi sigillato con uno strato di malta cementata se trattasi di pavimentazione, oppure di terreno di coltura nel caso di aiuole, giardini e banchine alberate.

6.5 Modalità di posa e rimozione dei sostegni

6.5.1 Basamenti per sostegni

I basamenti dovranno essere costruiti in conglomerato cementizio, dosaggio 250 kg di cemento per mc d'impasto, dimensionato in base alla lunghezza del sostegno e al numero dei segnali ancorati su di esso.

In ogni caso il basamento, sia per la palina portadisco, sia per la palina semplice, non dovrà avere dimensioni inferiori a cm 20x20x40 di profondità.

Di norma la parte di sostegno infisso nel pavimento non potrà essere inferiore a cm 35/40.

Per sostegni di dimensioni e diametri maggiori il basamento sarà proporzionalmente maggiorato ed indicativamente non minore delle seguenti dimensioni:

- palo Ø 90 cm 40x40x80 di profondità,
- palo Ø 100 cm 50x50x80 di profondità,
- palo Ø 115 cm 55x55x80 di profondità,
- palo Ø 120 cm 60x60x100 di profondità,
- palo Ø 150 cm 65x65x100 di profondità,
- palo Ø 180 cm 70x70x100 di profondità,
- palo Ø 200 cm 80x80x150 di profondità,
- palo Ø maggiore: calcolo di stabilità,
- portali e altre strutture: calcolo di stabilità.

6.5.2 Mensole a muro

Eccezionalmente potrà essere richiesta la posa di una mensola infissa a bandiera. In tal caso occorrerà adottare specifiche precauzioni per evitare danneggiamenti. Eventuali richieste danni saranno sempre a carico della ditta appaltatrice, mentre l'amministrazione si farà carico dell'ottenimento dei nullaosta e autorizzazioni eventualmente necessari.

6.5.3 Rimozioni

Il recupero delle palificazioni deve essere di norma effettuato mediante la rimozione completa di tutta la palina, compresa la parte interrata; pertanto, non è accettabile il solo taglio della palina a raso della pavimentazione stradale, salvo in casi particolari autorizzati dalla Direzione Lavori

Qualora sia ritenuto ammissibile da parte della Direzione Lavori, anche in funzione della natura particolare della pavimentazione preesistente, è ammessa la rimozione del sostegno mediante taglio dello stesso a raso della pavimentazione stessa.

Ciò facendo si adotteranno tutte le cautele necessarie ad eseguire il lavoro prevenendo danni immediati e futuri. In particolare, il moncone residuo non dovrà presentare sporgenza alcuna dalla quota del piano di calpestio, per ottenere ciò l'Appaltatore si adopererà ad eliminare qualsiasi sporgenza, slabbratura ecc. costipando poi le cavità del moncone residuo con materiale inerte sciolto e sigillando il foro con uno strato di malta cementizia di almeno 2 cm di spessore.

In nessun caso è ammesso il taglio dei sostegni posati all'interno di aiuole, banchine alberate o comunque in terreno naturale. In questo caso si provvederà all'asporto totale del sostegno, ivi compreso il blocco di fondazione.

Quando il lavoro consista nella sola rimozione del sostegno esistente, senza la posa di altro sostegno, la ditta dovrà asportare tutte le macerie che si sono prodotte e riempire la buca costipandola con materiale inerte e sigillando il tutto con uno strato di malta cementizia ben livellata, di spessore minimo di cm 2, a meno che

tale sostegno sia posato in terreno naturale, nel qual caso la cavità andrà riempita con terreno di coltura e ben livellata.

Tutto il materiale di risulta (terra, macerie, ecc.) dovrà essere immediatamente rimosso e trasportato, a spese dell'Appaltatore, alla discarica pubblica come disposto nell'art. 2.15.4.

E' facoltà della Direzione Lavori disporre il trasporto del materiale recuperato (segnali, sostegni) giudicato riutilizzabile presso i depositi municipali a cura e spese della Ditta aggiudicataria.

6.6 Trasporto del materiale di risulta alle Pubbliche Discariche

Per quanto riguarda il trattamento dei rifiuti solidi urbani e di quelli ad essi assimilabili provenienti dai cantieri oggetto dell'appalto, l'Appaltatore aggiudicataria dovrà provvedere a sua cura e spese a conferirli per lo smaltimento presso la discarica AMIAT denominata "Basse di Stura" (Via Germagnano 50), senza godere di alcuna tariffa agevolata.

Tutti i rifiuti non rientranti nella categoria solidi urbani o assimilabili agli urbani dovranno invece essere conferiti nelle apposite discariche specializzate sostenendo i costi relativi.

6.7 Campionatura dei materiali da fornire

Presso il Magazzino Comunale sono depositati i campioni dei sostegni e dei segnali e pannelli integrativi ai quali le ditte aggiudicatarie dovranno uniformarsi sia nella struttura che nella qualità dei singoli materiali.

Onde evitare future contestazioni sulle caratteristiche e qualità dei materiali, l'Appaltatore aggiudicataria avrà l'obbligo, prima di iniziare la costruzione in serie dei segnali e sostegni stradali, di consegnare alla Direzione Lavori un campione al vero dei materiali richiesti.

La ditta aggiudicataria a garanzia della conformità dei campioni stessi e della successiva fornitura, alle norme prescritte dovrà presentare una dichiarazione impegnativa relativa ai prodotti impiegati, accompagnata da certificati ufficiali di analisi, o copie fotostatiche, rilasciati da riconosciuti Istituti specializzati, competenti ed autorizzati, per tutti o parte dei materiali usati, secondo quanto richiesto dalla Direzione Lavori. A norma della succitata Circolare n. 2130 e del D.M. 31.3.95 è richiesta la presentazione dei certificati, o delle copie di questi, relativi alle pellicole catarifrangenti.

Per i pannelli aggiuntivi e segnali compositi più significativi, l'Appaltatore, prima di dar corso alla lavorazione in serie, dovrà presentare alla Direzione Lavori una bozza onde poterne verificare la grafica, le eventuali diciture e la composizione dei segnali stessi.

L'Appaltatore non potrà dar corso ai lavori di fornitura se non avrà avuto il benestare della Direzione Lavori sulla grafica e impostazione dei segnali e delle bozze sottoposte all'esame.

Si evidenzia che questo preliminare controllo della grafica non pregiudica la possibilità, da parte della Direzione Lavori di intervenire, in qualunque momento, fino al collaudo finale, per controllare e, se del caso, rifiutare quei materiali che non corrispondessero per qualità o caratteristiche alle richieste della presente sezione del Capitolato Speciale d'Appalto parte B.

La ditta aggiudicataria è tenuta ad accettare in qualsiasi momento eventuali sopralluoghi disposti dalla Direzione Lavori presso i laboratori e magazzini della stessa, atti ad accertare la consistenza e la qualità delle attrezzature e dei materiali in lavorazione usati per la fornitura.

6.8 Garanzia di efficienza e durata

Per la segnaletica eseguita con vernice spartitraffico normale è richiesta un'efficienza non inferiore a sei mesi, mentre per il Laminato Elastoplastico si richiede una garanzia di almeno 36 mesi.

Se durante questo tempo la segnaletica applicata dovesse presentare inconvenienti che ne alterino l'efficienza (staccamento, scollamento, spandimento, alterazione sostanziale del colore, ecc.), la ditta dovrà asportare la parte alterata e provvedere ad una successiva applicazione, senza diritto ad alcun compenso anche in prossimità della scadenza dell'appalto o ad appalto concluso.

La ditta non potrà accampare scusanti di sorta nè vantare alcun diritto nel caso venga meno per qualsiasi motivo l'efficienza della segnaletica applicata.

6.9 Prelevamento di campioni e analisi sui materiali impiegati

La Direzione Lavori si riserva il diritto di prelevare, senza preavviso, dei campioni di vernice spartitraffico, di termo-colato o spruzzato plastico, di laminato elastoplastico, all'atto della loro applicazione ovvero anche dopo la posa, nel caso dei materiali a lunga durata, e di sottoporre tali campioni alle analisi e prove di controllo presso i laboratori del Politecnico di Torino.

Qualora si accerti che i materiali impiegati non possiedono i requisiti previsti dalle norme UNI vigenti si provvederà a norma degli artt. 56 e 57 del Capitolato Generale di condizioni per gli appalti municipali approvato dal C.C. il 6 luglio 1964.

La spesa delle suddette prove, ivi compreso il prelievo dei campioni è a totale carico dell'Appaltatore aggiudicatario

Il prelievo dei campioni, onde evitare future contestazioni, verrà fatto in contraddittorio, alla presenza di un rappresentante dell'Appaltatore ovvero alla presenza di almeno due testimoni estranei alla Direzione Lavori.

6.10 Cancellature e fresature

La Direzione Lavori potrà richiedere la cancellazione o l'asportazione di strisce, segni e scritte sulla carreggiata mediante sopravverniciatura in nero o grigio asfalto, fiammatura o uso di fresatrici meccaniche, pallinatrici, atte ad asportare completamente ogni residuo di vernice, in modo da ottenere la perfetta e duratura scomparsa della segnaletica preesistente.

Per quanto concerne la sopravverniciatura in nero o grigio ardesia dei segni, il prezzo applicato sarà quello stesso della stesa di vernice, calcolato a mq, ancorché in caso di simbologie particolarmente complesse, scritte, ecc. computato col metodo vuoto per pieno.

I materiali utilizzati per tale operazione dovranno possedere caratteristiche tali da garantire l'assoluta innocuità nei confronti delle pavimentazioni sulle quali verranno applicati.

La Direzione Lavori potrà invitare l'Appaltatore ad effettuare ulteriori interventi di cancellazione per quella segnaletica che risultasse a suo insindacabile giudizio, non perfettamente eliminata, o semplicemente occultata con emulsioni bituminose o simili. Per tali interventi supplementari nessun maggior compenso potrà essere richiesto dalla ditta appaltatrice.

Per eliminare la segnaletica eseguita con materiale permanente, occorrerà usare speciali raschietti e macchine fresatrici dopo aver eventualmente riscaldato la segnaletica da rimuovere, senza tuttavia intaccare in alcun caso la pavimentazione stradale.

S'intende che detti lavori verranno retribuiti in base ai prezzi previsti in capitolato solo se ordinati dalla Direzione Lavori per modifica di segnaletica preesistente e mai per errori dovuti all'Appaltatore appaltatrice o per necessità di manutenzione.

6.11 Verniciatura di banchine provvisorie o simili

La verniciatura di banchine spartitraffico provvisorie o sagomatura di marciapiedi esistenti, denominata comunemente "naso", realizzati in modo provvisorio con delimitazioni in cordolo flessibile e successivo riempimento in calcestruzzo, sarà da effettuarsi di norma con stesa manuale a rullo, di uno strato piuttosto consistente di idonea vernice color "rosso sangue di bue" (tipo pista ciclabile) tale da resistere all'usura di un intenso traffico pedonale.

La verniciatura dovrà essere effettuata solo previa accurata pulizia e spazzamento del fondo, che dovrà essere assolutamente asciutto. Si dovranno altresì evitare gocciolature e sbavature di vernice sui cordoli precedentemente posati o sulle aree lapidee o bitumate circostanti, che andranno eventualmente prontamente eliminate a cura e spese dell'Appaltatore.

6.12 Segnaletica sulle alzate e barriere stradali

6.13 Descrizione delle opere

Detti lavori consistono nell'esecuzione e manutenzione della segnaletica sulle alzate dei marciapiedi e banchine spartitraffico, di canalizzazione ecc. poste nelle intersezioni stradali nonché su ostacoli posti entro o vicino la carreggiata come pilastri e piedritti di ponti, basamenti di monumenti, isole spartitraffico, basi o sostegni di installazioni segnaletiche e semaforiche, pali di illuminazione pubblica o similari, banchine salvagente, sbarramenti, sottopassaggi, palificazioni, massi rocciosi, spigoli di fabbricati, inizio di muretti o steccati e altre strutture che comportino comunque restrizioni alle sagome ed alla circolazione, oltre alla verniciatura di transenne, di segnalimiti (paracarri), di barriere normali o elastiche (guard-rails) o di qualunque materiale e di ringhiere metalliche di ogni genere.

Detta segnaletica dovrà essere eseguita in conformità alle disposizioni del vigente Codice della Strada e del Regolamento di Esecuzione, in conformità alla segnaletica verticale e orizzontale ove esistente, e secondo le istruzioni della Direzione Lavori.

L'Appaltatore aggiudicatario dovrà eseguire le opere secondo il programma stabilito dalla Direzione Lavori, dovrà poi curare la manutenzione delle opere sino al termine del contratto.

Il rifacimento della segnaletica reso necessario dalla manomissione, sostituzione o rifacimento dei manufatti o dalla esecuzione di nuove sistemazioni viabili, non rientra tra gli interventi manutenzione ma verrà contabilizzato come lavoro supplementare, soggetto poi alla normale manutenzione.

Gli interventi manutentivi dovranno essere eseguiti, oltre che in base alle indicazioni della Direzione Lavori, su iniziativa della Ditta che quindi dovrà periodicamente eseguire i necessari controlli ed accertamenti.

6.14 Norme tecniche per l'esecuzione dei lavori

Particolare cura deve essere posta nella preparazione delle superfici. Prima della stesa della vernice, le superfici dei manufatti da dipingere dovranno essere ben ripulite da terriccio, oli, grassi, detriti e da altri eventuali materiali estranei: i manufatti ferrosi dovranno inoltre essere raschiati con spazzole di ferro per rimuovere eventuali particelle di ruggine.

La vernice verrà stesa in strato uniforme e continuo, avente spessore e sufficiente corposità, ma non tale da provocare distacchi per sfogliamenti; dovranno essere evitate colature e macchie in genere.

Le figure verniciate dovranno essere a contorno netto e senza sbavature, in particolare le strisce di colore alternato (bianco e nero) dovranno essere di uguale larghezza e inclinate (se e come richiesto dalla posizione dell'ostacolo) nel giusto senso e con corretta inclinazione, come indicato nell'articolo 175 del succitato Regolamento di Esecuzione (D.P.R- 495/92).

Tutto il colore sparso incidentalmente dovrà essere rimosso dall'area pavimentata. Si dovrà pure evitare di sporcare con residui di vernice muri, marciapiedi, cordoli, bordure di aiuole, alberi, siepi, pali, griglie, non oggetto di lavorazione.

Tutta la vernice dovrà essere applicata sul manufatto ben asciutto con idonea attrezzatura.

Le superfici appena dipinte dovranno essere protette dagli eventuali danni che potrebbero arrecare a veicoli e pedoni in transito, per tutto il periodo di tempo necessario all'essiccamento della vernice.

Dovendo operare in zone percorse da pedoni è necessario collocare durante la verniciatura e fino a totale essiccazione appositi cartelli con la scritta "VERNICE FRESCA".

Qualsiasi parte danneggiata di segnaletica appena dipinta, sarà riverniciata e gli eventuali segni di sbavatura saranno immediatamente cancellati a totale carico dell'Appaltatore.

Per esigenze inerenti alla circolazione, nei punti di maggiore traffico e ovunque la Direzione Lavori lo ritenga opportuno i lavori dovranno essere eseguiti senza sovrapprezzo alcuno esclusivamente nelle ore notturne o nei giorni festivi.

Per i suddetti lavori notturni è fatto obbligo di attrezzare l'eventuale compressore della macchina spruzzatrice di particolari silenziatori onde eliminare i rumori molesti. E' fatto obbligo di collocare, in prossimità di ogni cantiere, la prescritta segnaletica (coni, lavori in corso, ecc.) onde evidenziare la zona di lavoro secondo le vigenti disposizioni di legge.

Nessun maggior compenso può essere richiesto dalla ditta appaltatrice che si dovrà attenere agli ordini che verranno impartiti dalla Direzione Lavori.

La mano d'opera in quantità proporzionale al lavoro dovrà essere della massima efficienza, secondo la migliore consuetudine in questi tipi di lavoro, con l'impiego di personale esperto e preparato.

Particolare cura si dovrà avere per la verniciatura dei segnalimiti, delle barriere metalliche e di tutti i manufatti dove sono installati dispositivi rifrangenti o illuminati, i quali dovranno essere ripuliti e assolutamente non verniciati.

Nel caso che detti dispositivi rifrangenti fossero ammalorati o mancanti si dovranno sostituire con altri regolamentari e accettati dalla Direzione Lavori.

Inoltre, la Direzione Lavori può ordinare alla ditta la posa in opera su manufatti, sopra descritti, di dispositivi rifrangenti, forniti dalla ditta stessa, o sperimentali, forniti dall'appaltatore; è onere della ditta, in entrambi i casi, l'approvvigionamento dei materiali idonei all'ancoraggio dei suddetti dispositivi.

La Direzione Lavori può richiedere che le transenne, ringhiere, parapetti ecc. siano verniciate di colori particolari, ad esempio Verde RAL 6009.

6.15 Caratteristiche delle vernici

La vernice da impiegarsi dovrà essere di ottima qualità e non dovrà assumere, in alcun caso, colorazioni diverse da quelle ordinate; dovrà avere caratteristiche chimiche tali da garantire una completa innocuità nei

confronti dei manufatti sui quali verrà applicata; dovrà possedere caratteristiche fisiche capaci di conservare inalterata e costante la visibilità e la brillantezza, sino alla completa consunzione; dovrà avere una buona resistenza all'usura provocata sia dal traffico che dagli agenti atmosferici; dovrà essere tale da aderire tenacemente a tutti i tipi di manufatti (pietra, cemento, mattoni, intonaci, conglomerati bituminosi, piastrelle, legno e metalli); non dovrà avere tendenza al disgregamento, nè lasciare polverature di pigmento dopo l'essiccazione, nè assumere colorazioni incerte, in particolare, il bianco non dovrà ingiallire ed il nero assumere tonalità di altri colori.

Le vernici impiegate dovranno avere caratteristiche specifiche per i vari tipi di supporto, in particolare:

- per i supporti non metallici (pietra, cemento, ecc.) si dovrà usare una vernice a base di resina stirolo acrilica ad altissima resistenza ai prodotti antigelo con dichiarato potere antimuffa;
- per i supporti metallici si dovrà usare un antiruggine (di colore diverso dalle mani successive) al 25% di cromato di zinco e 15% di ossido di zinco sul totale dei pigmenti. Quindi verrà applicata un secondo strato di smalto con dichiarata stabilità di colore e pellicola perfettamente liscia che non dia adito a sfarinamento, screpolature, ecc.

6.16 Prelevamento di campioni di vernice

La Direzione Lavori si riserva il diritto di prelevare senza preavviso, dei campioni di vernice all'atto della sua applicazione e di sottoporre tali campioni alle analisi e prove di controllo che ritenga opportune, a suo insindacabile giudizio.

Qualora si accerti che la vernice impiegata non possiede i requisiti previsti dalle Norme UNI, si provvederà a norma degli artt. 56 e 57 del capitolato generale di condizioni per gli appalti municipali, approvato dal C. C. il 6 luglio 1964.

La spesa delle suddette prove, ivi compreso il prelievo dei campioni, è a totale carico della Appaltatore aggiudicataria.

7. CONTROLLI DI QUALITA'

L'Appaltatore non è tenuto a redigere il documento; "PIANO DI QUALITA' DI COSTRUZIONE E INSTALLAZIONE – PAVIMENTAZIONI ED OPERE STRADALI ACCESSORIE".

Si evidenzia comunque che a carico dell'Appaltatore medesimo permangono comunque gli obblighi descritti nei capitoli precedenti della presente Sezione di CSA – Parte B.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 17:

IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ESTERNA

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. F. Rizzo		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023

INDICE

1.	PREMESSA	1
1.1	Opere previste	1
2.	PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI.....	1
3.	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	3
3.1	Caratteristiche di fornitura dell'energia elettrica.....	3
3.2	Standards prestazionali.....	3
3.2.1	Caratteristiche generali viabilità	3
3.2.2	Flusso luminoso	3
3.2.3	Gradi di protezione (CEI 70.1)	3
3.2.4	Tipo di conduttori	3
3.2.5	Tipi di posa cavi.....	3
3.2.6	Normativa di riferimento	3
3.2.7	Compatibilità elettromagnetica	3
4.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	3
4.1	Cavi elettrici B.T.....	3
4.2	Pali laminati a caldo zincati	4
4.3	Armature stradali per lampada a ioduri 400 W con corpo in pressofusione di alluminio	4
4.4	Blocchi di fondazione per pali illuminazione	5
4.5	Pozzetti prefabbricati cls - chiusino ghisa - carrabili	5
4.6	Quadri elettrici per illuminazione pubblica	5
4.6.1	Caratteristiche generali	5
4.6.2	Interruttore magnetotermico differenziale modulare - In max 100 A	6
4.6.3	Interruttore magnetotermico modulare - In MAX 125A.....	6
4.6.4	Interruttore sezionatore modulare - In max 125A	7
4.7	Tubazioni in polietilene interrate	7
4.8	Verniciatura superfici zincate esterne.....	7
5.	CONTROLLI DI QUALITA'	7
5.1	Prove in corso d'opera	8
5.2	Collaudi finali	8
5.2.1	Esami a vista	8
5.2.2	Prove	9

1. PREMESSA

1.1 Opere previste

Il presente documento riguarda tutte le opere elettrotecniche relative agli impianti di illuminazione da collocare nella viabilità del territorio di Torino interessato dai lavori in oggetto.

2. PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI

Gli oneri generali di tipo peculiare ai lavori descritti nel presente documento sono:

- la pulizia interna di ogni parte di impianto prima della messa in funzione;
 - ogni tipo di collegamento per rendere i lavori completamente funzionanti;
 - la verniciatura antiruggine e di finitura dei componenti in modo da non avere diversi colori a seconda delle case costruttrici; il colore dei componenti impiantistici a vista dovrà essere concordato preventivamente con la Direzione Lavori
 - le targhette indicatrici su tutti i circuiti;
 - la numerazione di tutti i conduttori in ogni quadro e scatola di derivazione;
 - la messa a terra di tutte le masse;
 - gli eventuali giunti di dilatazione e particolari speciali sugli impianti;
 - le targhe su tutte le scatole di derivazione, esternamente alle medesime per le cassette da esterno, internamente per le scatole da incasso a parete;
 - gli staffaggi e le incastellature di sostegno;
 - tutte le opere di finitura anche solo necessarie per motivi estetici;
 - i disegni di cantiere e tutti i disegni richiesti dalla Direzione Lavori (in triplice copia). Si intendono per disegni di cantiere tutti i disegni particolareggiati e costruttivi necessari per la completa realizzazione delle opere (nessuna esclusa). Sarà inoltre facoltà della Direzione Lavori di richiedere a suo insindacabile giudizio tutti i disegni, che la medesima riterrà necessari per il buon andamento del cantiere e per la rappresentazione grafica delle opere realizzate;
 - i disegni in Autocad aggiornati a fine lavori di tutti gli impianti in ogni loro parte (in triplice copia, files e copia riproducibile); tali disegni saranno utilizzati per la manutenzione e gli eventuali potenziamenti degli impianti realizzati;
 - le monografie con le descrizioni di funzionamento e le istruzioni per la gestione degli impianti (manuale d'uso), i dati per la normale manutenzione (manuale di manutenzione) ed il programma di manutenzione, l'elencazione dei pezzi di ricambio e tutti i calcoli di dettaglio (il tutto in triplice copia più copia riproducibile);
 - le prove in corso d'opera ed all'atto della messa in funzione degli impianti eseguite secondo le norme e complete in ogni loro parte in modo da garantire la sicurezza ed il perfetto funzionamento da ogni punto di vista, compresa tutta la documentazione relativa;
 - l'assistenza per l'avviamento ed il funzionamento iniziale degli impianti per tutto il tempo necessario alla completa messa a regime dei medesimi;
 - l'istruzione del personale addetto al funzionamento ed alla normale manutenzione degli impianti;
 - la rimozione delle parti di impianto e delle apparecchiature non rispondenti alle specifiche di progetto;
 - le certificazioni di conformità come da D.M 22/02/92 G.U. n. 49 del 28/02/92 e di rispondenza alle prescrizioni degli Enti di controllo;
 - i rapporti di collaudo degli impianti contro gli incendi redatti da professionista abilitato;
 - i certificati di omologazione dei componenti REI e le dichiarazioni di corretta posa in opera;
 - ogni incombenza e spesa per pratiche di qualunque tipo, denunce, approvazioni, licenze, ecc.;
 - quant'altro necessario per dare gli impianti completamente finiti a regola d'arte e perfettamente funzionanti.
-
- I componenti da impiegare per i lavori di cui all'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia ed a quanto prescritto nel seguito; in mancanza di particolari prescrizioni, dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio.
 - In ogni caso i componenti, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione Lavori.

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B2
Sezione 17: Impianti di illuminazione esterna

- Quando la Direzione Lavori abbia riscontrato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute.
- Malgrado l'accettazione dei manufatti da parte della Direzione Lavori, l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai componenti stessi.
- Tutti i manufatti oggetto del presente appalto dovranno essere preventivamente campionati.
- La campionatura dovrà essere effettuata salvo diversa indicazione con la presentazione dei prodotti di almeno tre diverse case costruttrici.
- Solo dopo benestare del Direttore dei Lavori, che potrà richiedere a suo insindacabile giudizio ulteriori campioni, sarà possibile effettuare ordinazione e montaggio dei componenti.
- Le campionature dovranno essere effettuate in funzione del programma lavori e dovranno essere tra loro coordinate in modo da garantire una visione completa e non settoriale dell'opera.
- Durante l'esecuzione dei lavori ed al termine dei medesimi dovranno essere effettuate tutte le necessarie verifiche e prove funzionali.
- La modalità di esecuzione delle prove e delle verifiche dovrà essere conforme alle norme ASSISTAL e UNI/CEI vigenti.
- Inoltre, il Direttore dei Lavori potrà richiedere l'esecuzione di tutte le prove e verifiche che riterrà necessarie o solo opportune.
- L'Appaltatore sarà obbligato a prestarsi in ogni tempo alle prove dei componenti impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese per il prelievo, la formazione e l'invio di campioni nonché per le corrispondenti prove ed esami.
- I campioni verranno prelevati in contraddittorio.
- Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla Direzione dei Lavori, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Appaltatore e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.
- Le diverse prove ed esami sui campioni verranno effettuate presso Laboratori Ufficiali o comunque graditi alla Direzione Lavori ed alla stazione appaltante.
- I risultati ottenuti in tali laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti e ad essi esclusivamente si farà riferimento a tutti gli effetti del presente appalto.
- Tutti gli attraversamenti di strutture resistenti al fuoco dovranno essere dotati di sistemi di sigillatura aventi resistenza REI pari a quella della struttura attraversata.
- Tutti i manufatti con componenti elettrici oltre a rispondere alle norme CEI dovranno essere dotati di marchio IMQ o di equivalente marchio europeo nei casi particolari in cui sia provata la mancanza di materiali di pari caratteristiche con marchio italiano. Dovranno inoltre essere marcati CE se previsto dalle relative direttive.
- Tutti i componenti impiantistici dovranno essere costruiti da fornitori dotati di marchio di qualità secondo UNI EN ISO 9002/94. I costruttori dovranno rilasciare dichiarazione di conformità ai sensi della norma EN 45014.
- La posizione indicata sui disegni dei terminali e delle altre apparecchiature è puramente indicativa. Le precise localizzazioni saranno definite nel corso dei lavori e non potranno dare adito a richieste di maggiori oneri.
- I disegni allegati al presente capitolato hanno valore dal solo punto di vista impiantistico. Per quanto riguarda gli aspetti edili e strutturali fare riferimento alle tavole di progetto relative.
- Tutte le apparecchiature elettroniche di telegestione dovranno essere della stessa marca di quelle previste per gli impianti fluidici.
- Nessun componente degli impianti in oggetto dovrà essere staffato o vincolato a componenti degli impianti fluidici.
- Dovrà essere garantita la continuità elettrica di tutte le masse facenti parte degli impianti elettrici qualunque sia la tensione di funzionamento e di tutte le masse estranee.
- Dovrà essere garantito l'intervento del solo apparecchio di protezione posto a monte del guasto (selettività) ed il coordinamento delle caratteristiche costruttive degli interruttori con le sezioni dei conduttori (le sezioni indicate sulle tavole di progetto si devono intendere come valori minimi).

3. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

3.1 Caratteristiche di fornitura dell'energia elettrica

- Tensione di alimentazione: 400 V + neutro
- Corrente di corto circuito: 15 kA

3.2 Standards prestazionali

3.2.1 Caratteristiche generali viabilità

- Tipo di strada: strada di scorrimento principale urbana (UNI 10439)
- Classe : D (UNI 10439)
- Manto stradale: C2 ($Q_0=0.07$)

3.2.2 Flusso luminoso

- Lampada Hg 400 W: 22.000 lm

3.2.3 Gradi di protezione (CEI 70.1)

- non inferiore a IP 54

3.2.4 Tipo di conduttori

- Circuiti di alimentazione impianti di illuminazione: cavi FG7 R 0,6/1 kV non propaganti l'incendio
- Calcolo portata cavi: secondo CEI UNEL 35024/1

3.2.5 Tipi di posa cavi

- Cavidotti in polietilene a doppia parete con protezione in cls e nastro segnalatore sulla verticale ad una distanza dal cavidotto di circa 30 cm (CEI UNI 70030)

3.2.6 Normativa di riferimento

- UNI 10439 "Requisiti illuminotecnici delle strade con traffico motorizzato"
- CEI 64-7 "Impianti elettrici di illuminazione pubblica"
- CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua"
- CEI UNI 70030 "Impianti tecnologici sotterranei – Criteri generali di posa"
- UNI 10819 "Impianti di illuminazione esterna – Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso"
- Legge Regionale 29 febbraio 2000 "Disposizioni per la prevenzione e lotta all'inquinamento luminoso e per il corretto impiego delle risorse energetiche"

3.2.7 Compatibilità elettromagnetica

Compatibilità elettromagnetica di tutti i componenti secondo D.L. n. 476 del 4/12/92

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 Cavi elettrici B.T.

Sezione del cavo

- portata in regime permanente secondo CEI UNEL 35024/1 per cavi isolati con materiale elastomerico e termoplastico, CEI UNEL 35024/2 per cavi ad isolamento minerale
- coefficiente di riduzione relativo alla condizione di installazione e al raggruppamento dei cavi inteso nelle condizioni più restrittive durante lo sviluppo della linea;
- caduta di tensione tra utilizzatore più lontano e fonte di energia non superiore al 4%;
- sezioni minime:
 - 1 mmq per circuiti di segnalazione (eccetto nelle Centrali Tecniche in cui la sezione minima dovrà essere di 1,5 mmq)
 - 1.5 mmq per circuiti luce
 - 2.5 mmq per circuiti F.M
 - 6 mmq per cavi principali derivati dal quadro generale;
- cavi e/o conduttori in partenza dai quadri secondari a sezione costante fino all'utenza più lontana.

Colorazione delle guaine e contrassegni

- contrassegni per l'individuazione immediata di ogni cavo;
- cavi multipolari con colorazione del rivestimento esterno e delle guaine interne prevista dal costruttore;
- cavi unipolari con colorazione delle guaine come segue:
 - conduttore di terra: giallo rigato di verde;
 - conduttore di neutro: blu;
 - conduttore in c.c.: rosso;
 - conduttori per le fasi: altri colori a scelta purché contraddistinti in R-S-T per distribuzioni tra le fasi e neutro. Dello stesso colore tra le fasi di distribuzioni trifasi senza neutro;
- giunte sui cavi solo per tratti di lunghezza maggiori delle pezzature standard in commercio.

Cavi FG7 (0) R 0,6/1kV non propaganti l'incendio

- Normativa di riferimento: CEI 20-35, CEI 20-22 II, CEI 20-37/2
- Anima: conduttore in corda rotonda flessibile di rame rosso ricotto
- Isolante: gomma HEPR ad alto modulo per elevate caratteristiche meccaniche e termiche (CEI 20-11, CEI 20-34)
- Guaina: in PVC speciale di qualità RZ
- Temperatura di funzionamento: 90 °C
- Temperatura di corto circuito: 250 °C

4.2 Pali laminati a caldo zincati

- Pali laminati a caldo zincati
- Diametro parte cilindrica: 168,3/4 x 2300 mm
- Diametro parte conica: 125/4 x 8500 mm
- Altezza totale: 10.800 mm
- Altezza fuori terra: 10.000
- Diametro in testa: 60 mm
- Collare di rinforzo saldato

4.3 Armature stradali per lampada a ioduri 400 W con corpo in pressofusione di alluminio

Caratteristiche tecniche

- Tensione: 230 V – 50 Hz
- Fattore di potenza: $\cos. \varnothing$ 0.95.
- Classe d'isolamento: II
- Max superficie esposta al vento: 0,25 mq
- Grado di protezione vano lampada: IP 55
- Grado di protezione vano lampada: IP 23
- Peso: 18,5 Kg
- Conforme alla norma EN 60598-1
- Tipo di ottica: cut-off
- Sistema di fissaggio: su testa palo

Materiali

- Corpo: pressofusione d'alluminio verniciato con polveri poliestere dopo un trattamento di cromatazione;
- Copertura superiore: pressofusione d'alluminio verniciato con polveri poliestere dopo un trattamento di cromatazione;
- Riflettore: lamiera d'alluminio P-ALP 99.8% UNI 9001/4 brillantata ossidata;
- Chiusura: vetro piano temperato spessore 5 mm;
- Cavi: unipolari flessibili sezione 1 mmq doppio isolamento in gomma siliconica. Tensione nominale 600V, tensione nominale impulsiva fino a 5 KV, tensione di collaudo 6 KV.
- Staffe di fissaggio: acciaio zincato a caldo.
- Guarnizioni: in silicone antinvecchiante.

- Portalampada: monoblocco in porcellana bianca con attacco a vite tipo E40/41 o E27 a seconda della potenza di lampada utilizzata; completo di dispositivo per la regolazione della messa a fuoco della lampada.
- Morsettiera di alimentazione: sezionatore bipolare in materiale termoplastico con sezione 4 mmq per apparecchi in classe d'isolamento II.

4.4 Blocchi di fondazione per pali illuminazione

- Esecuzione dello scavo con misure adeguate alle dimensioni del blocco;
- Formazione del blocco in calcestruzzo dosato a 250 kg di cemento tipo 325 per metro cubo di impasto;
- Esecuzione del foro per l'infissione del palo, con l'impiego di cassaforma;
- Fornitura e posa, entro il blocco in calcestruzzo, di spezzone di tubazione in PVC del diametro esterno di 100 mm per il passaggio dei cavi;
- Fornitura e posa, entro la tubazione in PVC, di 2 spezzoni di tubi flessibili del diametro interno di 40 mm per il passaggio dei conduttori;
- Riempimento eventuale dello scavo con materiale di risulta o con ghiaia naturale accuratamente costipata;
- Chiusura temporanea con apposita lamiera in acciaio del foro per l'infissione del palo;
- Trasporto alla discarica del materiale eccedente;
- Sistemazione del cordolo eventualmente rimosso;
- Eventuale rimozione dei cordoli;
- Armatura in acciaio FeB 44K.

Nel lasso di tempo intercorrente tra l'esecuzione del blocco di fondazione e la posa del palo, è necessario prevedere la chiusura del foro mediante la posa di una lastra in lamiera di acciaio delle dimensioni di 40x40 cm, spessore 5 mm, completa di zanche di tenuta e ricoperta da uno strato di terriccio.

4.5 Pozzetti prefabbricati cls - chiusino ghisa - carrabili

- I chiusini saranno in ghisa grigia carrabile con le dimensioni indicate negli elaborati in progetto.
- Gli esami micrografici dovranno accertare che il materiale rientri nelle norme UNI 3775/73, in particolare nel gruppo I A 4.
- Il chiusino dovrà essere sottoposto a sforzo di compressione con carico applicato lentamente ad una velocità di circa 60 kN al minuto primo e agente normalmente al chiusino nella parte centrale su una superficie di cm 22x15.
- Con detta prova il carico di rottura non dovrà essere inferiore a 400 kN.
- La Direzione Lavori per il controllo della fornitura procederà, ed in contraddittorio con l'Appaltatore, a prelevare tutti i campioni che ritenga opportuno per farli sottoporre alle prove meccaniche e micrografiche prescritte nelle norme UNI 5007/69 e UNI 3774/73, il tutto, con spese a carico dell'Appaltatore aggiudicatario.
- I chiusini dovranno risultare privi di irregolarità, di soffiature, incrinature, vaiolature, stuccature, porosità e di qualsiasi altro difetto.
- L'Appaltatore è tenuto a sostituire i pezzi che risultino imperfetti o che subiscano rotture o guasti sia prima che dopo la posa in opera e ciò fino alla data di approvazione del collaudo se trattasi di imperfezioni imputabili alla natura dei chiusini;
- L'Appaltatore sarà di conseguenza responsabile dei danni che deriveranno alla Committenza o a terzi nel caso di rottura o di mancata o ritardata sostituzione dei chiusini di cui sopra.
- Il suggello di chiusura dovrà aderire perfettamente al telaio, senza dar luogo a spostamenti o movimenti di sorta al passaggio di carichi stradali.
- Nell'apposito riquadro del suggello e sul telaio dovrà essere impressa visibilmente la ragione sociale della ditta fornitrice e, sul solo suggello, la dicitura relativa al tipo di utenza.
- Tubazioni interrate conglobate nella muratura del pozzetto con sigillatura degli interstizi mediante malta di cemento.

4.6 Quadri elettrici per illuminazione pubblica

4.6.1 Caratteristiche generali

- Contenitore in resina poliestere rinforzata con fibre di vetro
- Grado di protezione interna minimo: IP 54

- Diviso in due vani con aperture separate di cui una destinata a contenere il gruppo di misura installato dall'Ente Distributore (relativa serratura di chiusura installata dall'Ente medesimo previo accordi con gli organismi territoriali competenti)
- Zoccolo in cls prefabbricato o realizzato in opera idoneo a consentire l'ingresso dei cavi sia del Distributore dell'energia elettrica che dell'impianto in oggetto
- Scavo e assistenze murarie per l'ingresso nel contenitore dei cavi
- Secondo vano idoneo a contenere le apparecchiature di comando, di sezionamento e di protezione; apertura munita di serratura concordata con i tecnici del Comune ove è ubicato l'impianto
- Quadro elettrico contenuto nel secondo vano realizzato con isolamento in classe II
- Apparecchiature elettriche conformi alle corrispondenti norme CEI (in particolare per i teleruttori caratteristiche secondo CEI 17-3)
- Interruttore fotoelettrico, adatto all'installazione esterna in posizione idonea e protetta da eventi accidentali o vandalici, con le seguenti caratteristiche:
 - Classe di isolamento: II
 - Grado di protezione: IP 54
 - Valore di intervento: da 2 a 10 Lux
 - Carico massimo alimentabile: 5A
- Organi di protezione dimensionati in modo da garantire la protezione contro i corto circuiti dell'intero impianto

4.6.2 Interruttore magnetotermico differenziale modulare - In max 100 A

Costruttivamente conforme alle norme CEI 23.18 IEC 974-2 e successivi adeguamenti e costituito da contenitore in materiale isolante stampato nel cui interno sono racchiuse tutte le parti attive dell'interruttore. Le parti attive sono costituite da contatto principale fisso per ogni polo situato sulla parte superiore del contenitore in intimo collegamento con i cordoli esterni per l'attestazione delle linee in cavo di partenza e da un contatto principale mobile inferiore (uno per ogni polo) che permetta tramite una leva di comando posta sulla parte frontale del contenitore, la chiusura o l'apertura.

Tale operazione deve essere indipendente dalla forza o velocità esercitata sulla leva di manovra.

Caratteristiche elettriche principali:

- | | |
|---------------------------------------|-----------|
| - numero poli | 2-3-4 |
| - tensione nominale | 230/415 V |
| - frequenza nominale | 50 Hz |
| - temperatura ambiente di riferimento | 30/40°C |
| - corrente nominale max | 100 A |

Esecuzione del tipo a scatto per montaggio su profilato unificato, dotato di appositi dispositivi elettronici differenziali (sganciatori di massima corrente uno per fase), per la protezione contro i sovraccarichi e i corto circuiti, con un dispositivo di sgancio della corrente differenziale a mezzo di trasformatore di corrente di tipo toroidale.

Sul fronte del contenitore occorre predisporre il pulsante di prova "test" e quello di ripristino, e se necessario un dispositivo di regolazione della corrente differenziale nominale di intervento, con certificazione di conformità rilasciato dal CESI o da laboratori.

Lo sganciatore differenziale sarà collegato ai terminali dell'interruttore in modo che la tensione di alimentazione dello sganciatore sia quella che risulta applicata a detti terminali. Dovrà essere provvista la certificazione di conformità rilasciata dal CESI o da laboratori autorizzati.

4.6.3 Interruttore magnetotermico modulare - In MAX 125A

Costruttivamente conforme alle norme CEI 23-3, IEC 947.2 e successivi adeguamenti, costituito da contenitore in materiale isolante stampato nel cui interno sono racchiuse tutte le parti attive dell'interruttore; le parti attive sono costituite da un contatto principale fisso per ogni polo situato sulla parte superiore del contenitore in intimo collegamento con i cordoli esterni per l'attestazione delle linee in cavo di partenza; un contatto principale mobile inferiore (uno per ogni polo) che permetta tramite una leva di comando posta sulla parte frontale del contenitore, la chiusura o l'apertura.

Tale operazione deve essere indipendente dalla forza o velocità esercitata sulla leva di manovra.

Caratteristiche elettriche principali:

- | | |
|---------------|-------|
| - numero poli | 2-3-4 |
|---------------|-------|

- tensione d'isolamento 500 V
- tensione di prova 3 kV
- temperatura ambiente di riferimento 30/40°C
- corrente nominale max 125 A

Esecuzione del tipo a scatto per montaggio su profilato unificato .

Dotato di appositi relè elettronici (sganciatori di massima corrente uno per fase), per assicurare la protezione contro i sovraccarichi e contro i corto circuiti.

Provvisto di certificazione di conformità rilasciato dal CESI o da laboratori autorizzati.

4.6.4 Interruttore sezionatore modulare - In max 125A

Costruttivamente conforme alle norme CEI 23-3, IEC 408, IEC 669-1 e successivi adeguamenti, costituito da contenitore in materiale isolante stampato, nel cui interno sono racchiuse tutte le parti attive dell'interruttore. Le parti attive sono costituite da un contatto principale fisso per ogni polo situato sulla parte superiore del contenitore in intimo collegamento con i cordoli esterni per l'attestazione delle linee in cavo di partenza e da un contatto principale mobile inferiore per ogni polo che permetta, tramite una leva di comando posta sulla parte frontale del contenitore, la chiusura o l'apertura.

Tale operazione deve essere indipendente dalla forza o velocità esercitata sulla leva di manovra.

Caratteristiche elettriche principali:

- numero poli 2-3-4
- tensione d'isolamento 500 V
- frequenza nominale 50 Hz
- temperatura ambiente di riferimento 30/40°C
- corrente nominale max 125 A

Esecuzione del tipo a scatto per montaggio su profilato unificato. Provvisto di certificazione di conformità rilasciato dal CESI o da laboratori autorizzati.

4.7 Tubazioni in polietilene interrate

- A base di polietilene ad alta densità per elevata resistenza chimica alle sostanze acide e basiche, idrocarburi, detersivi, infiammabili ed acqua;
- Colori: rosso per condutture elettriche, verde per condutture telefoniche, blu per condutture di fibre ottiche e telecomunicazioni, giallo per condutture elettriche in luoghi con pericolo di corti accidentali;
- Interno liscio, esterno corrugato;
- Pozzetti di ispezione in corrispondenza di curve e derivazioni;
- Rivestimento tubazioni con massetto in cemento.
- Tubazioni di collegamento tra pozzetti e pali con immissione nei primi a quota più bassa dell'asola ricavata sui secondi onde evitare il passaggio di acqua verso i sostegni.

4.8 Verniciatura superfici zincate esterne

- Lavaggio sgrassante con solvente privo di residui secchi (trielina o similare)
- Applicazione di una ripresa di fondo a base di resine epossipoliamiche e pigmenti al fosfato di zinco spessore del film essiccato non inferiore a 35 micron
- Applicazione strato intermedio a base di resina epossipoliamiche, in colore da concordare con la Direzione Lavori, spessore del film essiccato non inferiore a 50 micron
- Applicazione strato di finitura a base di resine poliuretaniche alifatiche non ingiallenti, in colore da concordare con la Direzione Lavori, spessore del film essiccato non inferiore a 35 micron
- Verniciatura effettuata esclusivamente con l'uso di pennelli senza grumi o sgocciolature.

5. CONTROLLI DI QUALITA'

L'Appaltatore non è tenuto a redigere il documento; "PIANO DI QUALITA' DI COSTRUZIONE E INSTALLAZIONE – PAVIMENTAZIONI ED OPERE STRADALI ACCESSORIE".

Si evidenzia comunque che a carico dell'Appaltatore medesimo permangono comunque gli obblighi descritti nei capitoli precedenti della presente Sezione di CSA – Parte B nonché quelli di seguito elencati.

Si precisa comunque che tutti i controlli dovranno essere effettuati in base a quanto previsto dalle norme UNI e CEI. In particolare, dovranno essere compresi i seguenti controlli di conformità:

- a) conformità del singolo elemento di impianto;
- b) conformità tecnico-funzionale del singolo blocco di impianto;
- c) conformità prestazionale del singolo blocco di impianto;
- d) conformità generale impiantistica.

a) Controllo di conformità del singolo elemento di impianto

- verifica di rispondenza ai campioni approvati e depositati nell'apposito "ufficio campioni";
- verifica di rispondenza ai dati progettuali ed alle specifiche tecniche di gara;
- verifica di rispondenza per corretta installazione.

b) Controllo di conformità tecnico-funzionale

Per controllo di conformità tecnico-funzionale si intende la verifica di rispondenza alla norma, la verifica di corretta costruzione dell'insieme ed il controllo operativo-funzionale.

Sono compresi come minimo nei controlli di conformità i seguenti interventi:

- verifica dei gradi di protezione;
- controllo dei ripari e delle misure di allontanamento;
- controllo del grado di isolamento dei circuiti;
- verifica della sfilabilità dei cavi;
- verifica della separazione dei circuiti
- controllo delle cadute di tensione e delle resistenze di terra;
- prove di intervento dei dispositivi di protezione e della continuità dei circuiti di protezione;
- misura della impedenza totale dell'anello di guasto e della resistenza di conto circuito;
- prove di funzionamento.

c) Controllo della conformità prestazionale

Comprende come minimo le seguenti prestazioni:

- Comfort illuminotecnico
- Funzionalità impiantistica.

5.1 Prove in corso d'opera

Consistono nella verifica qualitativa e quantitativa dei materiali e nelle prove di funzionamento dei singoli apparecchi.

Tali verifiche preliminari sono eseguite utilizzando personale ed attrezzature messe a disposizione dalla ditta che esegue i lavori.

Gli oneri per tali verifiche sono a carico della ditta stessa.

- Protezioni: verifica della loro adeguatezza e del loro coordinamento; misura delle impedenze dell'anello di guasto;
- Sicurezza: verifica di tutto l'impianto di terra, misura della resistenza dell'impianto di dispersione; verifica della inaccessibilità di parti sotto tensione, salvo l'impiego di utensili;
- Conduttori; verifica dei percorsi, della sfilabilità e del coefficiente di riempimento, delle portate e delle cadute di tensione, prova di isolamento dei cavi fra fase e fase e tra fase e terra; verifica delle sezioni dei conduttori;
- Quadri: prova di isolamento prima della messa in servizio; prova di funzionamento di tutte le apparecchiature, degli interblocchi e degli automatismi;
- Impianti di terra e parafulmine: verifica dell'efficienza dell'impianto, misura della resistenza verso terra dell'impianto;
- Apparecchiature varie ed impianti a correnti deboli: prove e misure funzionali.

5.2 Collaudi finali

5.2.1 Esami a vista

Per esame a vista si intende l'esame dell'impianto elettrico per accertare che le sue condizioni di realizzazione siano corrette.

L'esame a vista deve accertare che i componenti elettrici siano conformi alle prescrizioni di sicurezza richieste dalle norme (ciò può essere accertato dall'esame di marchiature o di certificazioni).

Che i materiali siano stati scelti correttamente e messi in opera in accordo con le prescrizioni delle normative vigenti.

L'esame a vista riguarda le seguenti condizioni, per quanto applicabili:

- metodi di protezione contro i contatti diretti ed indiretti, ivi compresa la misura delle distanze; tale esame riguarda per esempio la protezione mediante barriere od involucri, per mezzo di ostacoli o mediante distanziamento;
- presenza di barriere tagliafiamma o altre precauzioni contro la propagazione del fuoco e metodi di protezione contro gli effetti termici;
- scelta dei conduttori per quanto concerne la loro portata e la caduta di tensione;
- scelta e taratura dei dispositivi di protezione e di segnalazione;
- presenza e corretta messa in opera dei dispositivi di sezionamento o di comando;
- identificazione dei conduttori in particolare di neutro e di protezione;
- presenza di schemi, di cartelli monitori e di informazioni analoghe;
- identificazione dei circuiti, dei fusibili, degli interruttori, dei morsetti, ecc.
- idoneità delle connessioni dei conduttori;
- agevole accessibilità dell'impianto per interventi operativi e di manutenzione.

5.2.2 Prove

Tutto dove necessario:

- protezioni contro i contatti indiretti;
- tipo e dimensionamento componenti;
- sfilabilità cavi;
- continuità dei conduttori di protezione e dei conduttori equipotenziali principali e supplementari;
- resistenza di isolamento dell'impianto elettrico;
- protezione per separazione dei circuiti nel caso di sistemi SELV e PELV e nel caso di separazione elettrica;
- resistenza di isolamento dei pavimenti e delle pareti;
- protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione;
- misura dell'impedenza dell'anello di guasto;
- prove di polarità;
- prova di tensione applicata;
- prove di funzionamento;
- misura della caduta di tensione;
- prove impianti a correnti deboli

Verifica delle protezioni contro i contatti indiretti

Misura del valore di resistenza di terra dell'impianto, utilizzando un dispersore ausiliario ed una sonda di tensione con appositi strumenti di misura o con un metodo voltamperometrico.

Controllo in base ai valori misurati del coordinamento degli stessi con l'intervento nei tempi previsti dei dispositivi di massima corrente o differenziale.

Per gli impianti con fornitura in media tensione, detto valore deve essere controllato in base a quello della corrente convenzionale di terra, del Distributore di energia elettrica.

Quando occorre, sono da effettuare le misure delle tensioni di contatto e di passo.

Nei locali da bagno occorre verificare la continuità del collegamento equipotenziale tra le tubazioni metalliche di adduzione e di scarico delle acque, tra le tubazioni e gli apparecchi sanitari, tra il collegamento equipotenziale e il conduttore di protezione.

Prova di continuità effettuata con una corrente di almeno 0,2A.

Verifica del tipo e dimensionamento dei componenti

Verifica che tutti i componenti dei circuiti messi in opera nell'impianto utilizzatore siano del tipo adatto alle condizioni di posta ed all'ambiente, nonché correttamente dimensionati in relazione ai carichi reali in funzionamento contemporaneo, o, in mancanza di questi, in relazione a quelli convenzionali.

Verifica della sfilabilità dei cavi

Estrazione di più cavi dal tratto di tubo o condotto compreso tra due cassette o scatole successive e controllare che questa operazione non abbia provocato danneggiamenti agli stessi.

Misura della resistenza di isolamento

Resistenza di isolamento tra conduttore attivo e terra (durante questa misura i conduttori di fase e di neutro possono essere collegati assieme. Nei sistemi TN-C, il conduttore PEN è considerato come parte della terra).

La resistenza di isolamento, misurata con i valori della tensione di prova indicati nella tabella che segue, è considerata come soddisfacente se ogni circuito, con gli apparecchi utilizzatori disinseriti, ha una resistenza di isolamento non inferiore a quanto indicato in seguito.

Le misure devono essere effettuate in c.a. L'apparecchio di prova deve essere in grado di fornire la tensione di prova indicata nella tabella quando eroga la corrente di 1 mA.

Quando il circuito comprende dispositivi elettronici, durante le misure i conduttori di fase e di neutro devono essere collegati assieme.

Questa precauzione è necessaria perché l'effettuazione della prova senza una connessione tra i conduttori attivi potrebbe danneggiare i dispositivi elettronici.

Tensione nominale del circuito (V)	Tensione di prova c.c. (V)	Resistenza di isolamento (MΩ)
SELV e PELV	250	≥ 0,25
Fino a 500 V compresi, con l'eccezione dei casi di cui sopra	500	≥ 0,5
Oltre 500 V	1000	≥ 1,0

Verifica della separazione dei circuiti

PROTEZIONE MEDIANTE SELV

Separazione delle parti attive del sistema SELV da quelle di altri circuiti e dalla terra, verificata mediante una misura della resistenza di isolamento.

PROTEZIONE MEDIANTE PELV

Separazione delle parti attive del sistema PELV da quelle di altri circuiti, verificata mediante una misura della resistenza di isolamento.

PROTEZIONE MEDIANTE SEPARAZIONE ELETTRICA

Separazione delle parti attive da quelle di altri circuiti e dalla terra, verificata mediante misura della resistenza di isolamento.

Misura della resistenza di isolamento dei pavimenti e delle pareti

Quando sia necessario soddisfare le prescrizioni di protezione per mezzo di luoghi non conduttori, si devono eseguire almeno tre misure nello stesso locale, delle quali una a circa 1 m da qualsiasi massa estranea accessibile posta nel locale, e le altre due a distanze maggiori.

Queste misure devono essere ripetute per ogni tipo di pavimento e di parete del locale.

Verifica della protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione

La verifica dell'efficacia delle misure di protezione contro i contatti indiretti mediante interruzione automatica dell'alimentazione viene effettuata nel seguente modo:

PER SISTEMI TN

La rispondenza alle prescrizioni normative deve essere verificata con:

- la misura dell'impedenza dell'anello di guasto (questa misura può non essere necessaria quando siano disponibili calcoli dell'impedenza dell'anello di guasto e quando la disposizione dell'impianto permetta la verifica della lunghezza e della sezione dei conduttori, nel qual caso è sufficiente la verifica della continuità dei conduttori di protezione);
- la verifica delle caratteristiche del dispositivo di protezione associato (cioè mediante esame a vista della corrente nominale e delle caratteristiche di intervento degli interruttori automatici e dei fusibili ed anche mediante prove di funzionamento per i dispositivi a corrente differenziale).

PER SISTEMI TT

La rispondenza alle prescrizioni delle norme CEI 64-8 CAP. 413.1.4.2 deve essere verificata con:

- la misura della resistenza di terra per le masse dell'impianto;
- la verifica delle caratteristiche del dispositivo di protezione associato; questa verifica deve essere effettuata:
 - per dispositivi a corrente differenziale mediante esame a vista e con prove di funzionamento;

- per i dispositivi di protezione contro le sovracorrenti mediante esame a vista (corrente di regolazione per gli interruttori automatici, corrente nominale per i fusibili e caratteristiche di intervento);
- la verifica della continuità dei conduttori di protezione.

PES SISTEMI IT

Deve essere calcolata o misurata la corrente di primo guasto.

(Questa misura non è necessaria se tutte le masse dell'impianto sono collegate all'impianto di terra dell'alimentazione nel caso in cui il sistema sia collegato a terra attraverso un'impedenza. La misura viene effettuata solo se il calcolo non è possibile perché non tutti i parametri sono conosciuti).

Si devono prendere precauzioni mentre si effettua questa misura per evitare i pericoli dovuti ad un doppio guasto.

Quando, nel caso di un secondo guasto, si presentano le condizioni dei sistemi TT, si deve effettuare la verifica secondo il precedente punto descritto "per i sistemi TT". Quando si presentano le condizioni dei sistemi TN, si deve effettuare la verifica secondo il precedente punto descritto "per i sistemi TN".

(Durante le misure dell'impedenza dell'anello di guasto è necessario stabilire un collegamento di impedenza trascurabile tra il punto neutro dell'alimentazione ed il conduttore di protezione all'origine dell'impianto).

Misura dell'impedenza dell'anello di guasto

La misura dell'impedenza dell'anello di guasto deve essere effettuata con una corrente a frequenza uguale a quella nominale del circuito.

Il valore dell'impedenza dell'anello di guasto misurata deve essere in accordo alla CEI 64-8 cap. 413.1.3.4 per i sistemi TN e cap. 413.1.5.8 per i sistemi IT.

Quando si applica il collegamento equipotenziale supplementare in accordo con quanto descritto dalla norma CEI 64-8 CAP. 413.1.6, in caso di dubbio sull'efficacia di tale collegamento essa deve essere verificata nel modo seguente:

misurata alla resistenza R tra ogni massa ed ogni massa estranea simultaneamente accessibili con soddisfacimento della seguente condizione: $R \leq U_L/I_a$ dove:

U_L = tensione di contatto limite convenzionale;

I_a = corrente di funzionamento del dispositivo di protezione entro 5s.

Prova di polarità

Quando sia vietato installare dispositivi di interruzione unipolare sul conduttore di neutro, si deve effettuare una prova di polarità per verificare che tali dispositivi siano installati solo sulle fasi.

Prova di tensione applicata

Questa prova viene effettuata sui componenti non costruiti in fabbrica, e che non siano stati sottoposti a prove di tipo, con il metodo indicato nell'Appendice della norma CEI 1713/I.

Prove di funzionamento

Prove di funzionamento dei vari apparati.

Misura della caduta di tensione

La misura della caduta di tensione deve essere eseguita tra il punto di inizio dell'impianto ed il punto scelto per la prova; si inseriscono un voltmetro nel punto iniziale ed un altro nel secondo punto (i due strumenti devono avere la stessa classe di precisione).

Devono essere alimentati tutti gli apparecchi utilizzatori che possono funzionare contemporaneamente; nel caso di apparecchiature con assorbimento di corrente istantaneo si fa riferimento al carico convenzionale scelto come base per la determinazione della sezione delle condutture.

Le letture dei due voltmetri si devono eseguire contemporaneamente e si deve procedere poi alla determinazione della caduta totale percentuale che non deve essere superiore al 4%.

Prove impianti a correnti deboli

Controllo dei sistemi e prove funzionali di rispondenza a quanto previsto.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 18:

OPERE IN SOTTERANEO

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. P. De Martini		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023

INDICE

SEZIONE 18A – GALLERIE SCAVATE CON TECNICHE CONVENZIONALI	1
1. DEFINIZIONI.....	1
1.1 Preconsolidamenti e presostegni	1
1.2 Scavi	4
1.2.1 Scavi a foro cieco	4
1.2.2 Scavi a cielo aperto	4
1.3 Sostegni e rivestimenti	5
1.4 Riempimento dei vuoti	5
1.5 Classi di comportamento allo scavo	5
1.6 Norme di misurazione.....	8
1.6.1 Preconsolidamenti e presostegni	8
1.6.2 Scavi	8
1.6.2.1 Scavi in galleria	8
1.6.2.2 Scavi in pozzo	9
1.6.3 Sostegni	9
1.6.3.1 Conglomerato cementizio proiettato	9
1.6.3.2 Ancoraggi	10
1.6.3.3 Centine e blindature metalliche	10
1.6.4 Impermeabilizzazione	10
1.6.5 Rivestimenti.....	10
2. PRESCRIZIONI GENERALI	11
2.1 Scavi	12
2.1.1 Aspetti generali.....	12
2.1.2 Scavo con esplosivo	13
2.1.3 Scavo in presenza d'acqua	14
2.1.4 Scavo in probabile presenza di gas.....	14
2.1.5 Scavo in presenza di gas accertata	15
2.2 Avanzamenti in condizioni particolari: amianto	16
2.2.1 Procedure operative in presenza di amianto.....	16
2.3 Avanzamenti in condizioni particolari: mineralizzazioni radioattive	18
2.3.1 Uranio	18
2.3.2 Radon	18
2.4 Ripristini	19
3. MATERIALI E MEZZI	19
3.1 Preconsolidamenti e presostegni	19
3.2 Sostegni	19
3.2.1 Conglomerato cementizio proiettato	19
3.2.2 Centine e blindatura metalliche	19
3.2.3 Ancoraggi	20
3.3 Impermeabilizzazione	20
3.4 Rivestimenti.....	20
3.4.1 Casseforme	20
3.5 Lavori di finitura	20
4. MODALITÀ ESECUTIVE	21
4.1 Preconsolidamenti e presostegni	21
4.1.1 Criteri generali	21
4.1.2 Riempimento dei vuoti.....	21
4.2 Sostegni	22
4.2.1 Conglomerato cementizio proiettato	22
4.2.2 Centine e blindature metalliche	22

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B2
Sezione n. 4: Demolizioni

4.2.3	Ancoraggi	23
4.3	Impermeabilizzazione	23
4.4	Rivestimenti	23
4.4.1	Armatura	23
4.4.2	Getto dei rivestimenti definitivi	23
4.4.2.1	Verifiche e operazioni preliminari arco rovescio	23
4.4.2.2	Getto dell'arco rovescio	24
4.4.2.3	Verifiche e operazioni preliminari piedritti/calotta	24
4.4.2.4	Getto di piedritti e calotta	25
4.4.3	Rivestimento definitivo in calcestruzzo proiettato	25
5.	CONTROLLI DI QUALITÀ.....	25
5.1	Aspetti generali	25
5.2	Preconsolidamenti e presostegni	26
5.3	Scavi	26
5.3.1	Rilievi dei fronti di scavo	26
5.3.2	Rilievo delle convergenze.....	26
5.3.3	Monitoraggio deformazioni del terreno	27
5.3.4	Scavo in presenza d'acqua	27
5.3.5	Scavo con esplosivo	27
5.4	Riempimenti ed iniezioni di intasamento	27
5.5	Sostegni	27
5.6	Impermeabilizzazione	28
5.6.1	Prove per la verifica delle caratteristiche dei materiali.....	28
5.6.2	Prova di verifica delle termosaldature per pressione	28
5.6.3	Prova per depressione mediante campana Vacuum	29
5.6.4	Prova delle saldature manuali con sondino ricurvo	29
5.7	Rivestimenti.....	29
5.8	Lavori di finitura	29
	SEZIONE 18B – GALLERIE SCAVATE CON TBM	30
1.	DEFINIZIONI.....	30
2.	PRESCRIZIONI GENERALI	30
2.1	Soggezioni geotecniche e ambientali e prove tecnologiche preliminari	34
2.2	Tolleranze di costruzione	34
2.3	Scavo in presenza d'acqua	35
2.4	Scavo in probabile presenza di gas	35
2.5	Scavo in presenza di gas accertata	35
2.6	Avanzamenti in condizioni particolari: amianto	35
2.7	Avanzamenti in condizioni particolari: mineralizzazioni radioattive	35
3.	MATERIALI E MEZZI	35
3.1	Caratteristiche tecniche della TBM	35
3.1.1	Considerazioni generali.....	35
3.1.2	Potenza alla testa fresante.....	36
3.1.3	Coppia motrice e rotazione della testa fresante	36
3.1.4	Spinta	36
3.1.5	Scudo completo (TBM scudate).....	36
3.1.6	Guarnizione di coda (TBM scudate)	37
3.1.7	Testa fresante	37
3.1.8	Utensili di scavo	37
3.1.9	Erettore di conci (TBM scudate)	37
3.1.10	Camere iperbariche (TBM scudate a contropressione)	38
3.1.11	Sistema di iniezione per intasamento dietro ai conci (TBM scudate).....	38
3.1.12	Carri di servizio alla TBM (Back-up)	39

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2

Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"

Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B2

Sezione n. 4: Demolizioni

3.1.13	Attrezzatura di perforazione.....	39
3.1.14	Sistema di guida	39
3.1.15	Evacuazione del marino	39
3.1.16	Dispositivi di sicurezza	40
3.1.17	Fanghi di sostegno del fronte (TBM scudate a contropressione)	40
3.1.18	Additivi per il sostegno del fronte (TBM scudate a contropressione)	40
4.	MODALITÀ ESECUTIVE	40
4.1	Scavo e sostegno del fronte (TBM scudate a contropressione)	40
4.2	Limitazione dei cedimenti.....	41
4.3	Manutenzione all'interno delle camere di scavo (TBM scudate a contropressione).....	41
4.3.1	Posa del rivestimento (TBM scudate).....	41
	Tolleranze di montaggio	42
	Impermeabilizzazione	42
5.	CONTROLLI DI QUALITA'	42
5.1	Generalità	42
5.2	Parametri da monitorare	44
5.2.1	Generalità.....	44
5.2.2	Performance della TBM.....	45
5.2.3	Controllo dell'azione di sostegno (TBM scudate a contropressione).....	45
5.2.4	Dati della costruzione	46
5.2.5	Parametri geologico-geotecnici	46
5.2.6	Indagini in avanzamento	46
5.2.7	Altri parametri da controllare (TBM scudate a contropressione).....	47
5.3	Qualifica del personale operativo.....	47

SEZIONE 18A – GALLERIE SCAVATE CON TECNICHE CONVENZIONALI

1. DEFINIZIONI

Le opere in sotterraneo eseguite con tecniche convenzionale sono tutte le opere realizzate con metodi di scavo non completamente meccanizzato (attrezzi a mano, esplosivo, escavatore meccanico, martello demolitore, fresa ad attacco puntuale, ecc., con esclusione delle frese a piena sezione) in sotterraneo o di comunicazione tra sotterraneo ed esterno, quali: gallerie ed opere connesse (nicchie, nicchioni; etc.), caverne, cameroni, cunicoli, etc. siano esse di tipo naturale o artificiale, nonché opere a pozzo di vario genere.

I pozzi costituiscono una categoria di manufatti caratterizzati da modalità esecutive che prevedono scavi a "cielo aperto" prevalentemente verticali eventualmente realizzati all'interno di una struttura di contenimento delle pareti di scavo (paratia di micropali, pali o diaframmatura a pannelli in c.a.), realizzata preventivamente all'esecuzione degli scavi stessi e che ne delimita, in pianta, il perimetro.

Si precisa che nel proseguo di questa sezione con il termine gallerie saranno indicate sia le gallerie di linea che tutte le opere ad esse connesse (by-pass, nicchie, nicchioni, ecc.), nonché caverne, cameroni, cunicoli ecc.

Si precisa inoltre che:

- lo scavo a foro cieco con attrezzatura completamente meccanizzata a piena sezione con o senza sostegno delle pareti mediante scudo metallico e sostegno del fronte è trattato nella Sezione "Gallerie realizzate con TBM" del presente CSA.
- le gallerie e pozzi di piccolo diametro connesse alla deviazione di opere interferite (ad esempio le condotte fognarie) sono trattate nella Sezione "Sottoservizi e fognature" del presente CSA.
- gli scavi superficiali, di sbancamento, ed in trincea, sono trattati nella Sezione "Movimenti di terra" del presente CSA.

1.1 Preconsolidamenti e presostegni

Si definiscono preconsolidamenti e presostegni tutti gli interventi realizzati preventivamente agli scavi ed aventi lo scopo di: miglioramento, rinforzo e stabilizzazione del terreno in cui si realizza l'opera in sotterraneo, in particolare:

- i preconsolidamenti (o interventi di rinforzo/miglioramento del terreno) agiscono direttamente sulle caratteristiche meccaniche del terreno, migliorandone resistenza e deformabilità attraverso appropriate tecniche.
- i presostegni (o interventi di protezione) hanno lo scopo di incanalare le tensioni lungo la periferia del cavo, e assicurano che le caratteristiche di resistenza e deformabilità naturali del terreno nel nucleo siano mantenute (l'effetto principale è di contenere la riduzione di σ_3 – tensione principale minore).

Nell'ambito degli interventi di preconsolidamento si elencano:

Iniezioni (o grouting) (vedere Sezione 9 del CSA)

Il Grouting si usa comunemente per migliorare le caratteristiche meccaniche dei terreni intorno al cavo e per ridurre la permeabilità di terreni drenanti. Le tecniche di grouting possono essere suddivise in:

- *Permeazione* – la malta è iniettata nel terreno a basse pressioni e riempie i vuoti senza cambiamenti significativi nella struttura e nel volume del terreno. In questa tecnica è possibile utilizzare una grande varietà di leganti, la scelta dei quali è dettata principalmente dalla permeabilità del terreno da trattare.
- *Fratturazione idraulica (claquage)* – la malta è iniettata nel terreno ad alta pressione attraverso dei tubi speciali per mezzo dei quali si verifica la fratturazione idraulica del terreno; le fessure risultanti sono riempite con malta e il terreno circostante risulta compresso creando una massa densificata.

Jet –grouting (Vedere Sezione 9 del CSA)

Questa tecnica differisce sostanzialmente dalle tecniche di grouting "tradizionale" perché comporta la rottura della struttura naturale del terreno anche in zone relativamente distanti dal punto di trattamento e quindi consente la completa iniezione delle particelle di terreno in situ –mediante un conglomerato cementizio che utilizza come inerti le frazioni granulari presenti in situ o mediante una completa sostituzione del terreno con la miscela cementizia di iniezione– attraverso il legante per creare una massa omogenea che solidifica nel tempo.

Esistono diversi sistemi jet-grouting, quando si lavora dall'interno di una galleria si usa generalmente il "sistema monofluido".

Il jet-grouting può essere realizzato al contorno dello scavo con funzione di presostegno e di scarico alla base dei piedritti delle tensioni ("effetto arco")

Congelamento

Il congelamento si realizza facendo circolare nel terreno naturale, all'interno di opportune tubazioni, un fluido refrigerante (salamoia o azoto liquido); questa procedura introduce un alto gradiente di temperatura che estrae il calore latente dal terreno causando il congelamento dell'acqua presente, quindi incrementandone (temporaneamente) le caratteristiche di resistenza.

Elementi di rinforzo in vetroresina

Introdurre e iniettare elementi in vetroresina nel terreno combina le caratteristiche di rigidità di questi elementi con l'azione stabilizzante dell'iniezione; inoltre, gli elementi in vetroresina possono essere rimossi senza particolari difficoltà attraverso l'uso dei comuni mezzi di scavo.

Per queste ragioni l'applicazione di barre di rinforzo in vetroresina nello scavo di gallerie in terreni soffici è una tecnica particolarmente efficace specie per rinforzare il fronte.

Le barre in vetroresina sono disponibili sul mercato in diverse forme e dimensioni (cilindriche tubolari o piene per l'ancoraggio in terreni, tubolari valvolate, laminate con profili a "I" e "Y") che danno loro un ampio campo di applicabilità. Gli elementi a "I" e "Y" hanno una notevole superficie di contatto cosicché quando vengono iniettate mediante canne manchettes in PVC ad essi associate, possono resistere a trazione fino alla rottura anche con una zona cementata di limitata lunghezza.

Drenaggi

Il drenaggio dei terreni riduce l'eccesso di pressione interstiziale e può essere usato quando la presenza di acqua è la causa della riduzione nelle caratteristiche di resistenza del terreno.

Nella realizzazione di opere in sotterraneo il drenaggio può essere realizzato attraverso tecniche diverse (pozzi drenanti dalla superficie, tecniche well point, ecc.); una tecnica peculiare è quella del drenaggio in avanzamento agli scavi, utilizzabile in particolare quando i terreni da attraversare sono sabbiosi e/o ghiaiosi. I tubi di drenaggio sono inseriti nel terreno attraverso perforazioni suborizzontali (gradiente $g > 1\%$), la disposizione, il numero e la lunghezza dei dreni è regolata dalla permeabilità del terreno. In generale, in condizioni di instabilità, i dreni suborizzontali possono essere combinati con altre tecniche di pre-rinforzo o di protezione.

Quando è necessario stabilizzare terreni a bassa o bassissima permeabilità (in genere terreni che presentano un'alta percentuale di argilla e/o limo), si possono utilizzare drenaggi di tipo attivo.

Nell'ambito degli interventi di presostegno si elencano.

Pretaglio meccanico

La tecnica del pretaglio meccanico (Premill o pre-decoupage) consiste nel tagliare una fessura di spessore, lunghezza e larghezza predefinita intorno al perimetro di scavo, davanti al fronte di lavoro. La fessura è tagliata in una serie di sezioni, attraverso una sega che è posizionata con un'inclinazione fissa; la fessura viene quindi immediatamente riempita con calcestruzzo proiettato. Una volta che il calcestruzzo ha raggiunto una resistenza sufficiente, il terreno al di sotto di questo pre-rivestimento può essere scavato e possono essere eseguite tutte le altre operazioni normalmente necessarie nella realizzazione di gallerie. Le sezioni pre-rivestite sono tagliate in forma tronco-conica cosicché gli elementi che vengono sovrapposti successivamente fuori dalla sagoma di scavo possono garantire la sezione minima del tunnel.

Questa tecnica si caratterizza per il posizionamento nel terreno di un sottile guscio di calcestruzzo, messo in opera lungo il contorno del cavo, piuttosto che una serie di strutture longitudinali circolari. Il pretaglio

meccanico può essere applicato dove i terreni sono coesivi ed è possibile avere uno scavo non sostenuto per un breve periodo di tempo.

Pre-tunnel

La tecnica del pretunnel è un'estensione della tecnica del pretaglio; essa differisce da questa perché il priverivestimento messo in opera con il pre-tunnel diventa il rivestimento finale della galleria. Le fasi costruttive si riducono alle due seguenti:

- priverivestimento (o realizzazione preventiva del rivestimento definitivo) di spessore 60-120 cm;
- scavo a piena sezione.

Come nel pre-taglio, anche nel pre-tunnel la forma del priverivestimento è tronco-conica allo scopo di permettere la sovrapposizione fra i gusci successivi. Ogni guscio si realizza tagliando una fessura nel terreno usando una sega montata su un apposito telaio, lungo l'intero profilo di scavo del tunnel. La fessura è quindi riempita con calcestruzzo. Il riempimento con calcestruzzo avviene immediatamente dietro la sega ed è contenuto attraverso dei casseri speciali collegati alla struttura di taglio.

La tecnica del pre-tunnel è adatta per avanzamenti in formazioni sciolte dal momento che la fessura non rimane mai aperta.

Ombrello di infilaggi

Usando una speciale attrezzatura di perforazione, si introducono intorno al cavo di una galleria in costruzione una serie di tubi di acciaio suborizzontali iniettati con malta cementizia (micropali suborizzontali).

Dal momento che la macchina di perforazione richiede in altezza 0,3-0,6 m di maggiore ingombro rispetto alla sagoma utile, la sezione trasversale del tunnel precedente al campo di trattamento deve essere allargata per poter installare i tubi di acciaio fuori dalla sagoma di scavo. I tubi di acciaio sono quindi installati con geometria troncoconica (campi), con l'asse dei tubi divergente dall'asse della galleria di un angolo variabile da 5 ° a 10°. La lunghezza di ogni tubo in genere varia da 5 a 15 m; l'interasse tra i tubi è scelta in accordo con le caratteristiche del terreno (coesione e distribuzione granulometrica) e normalmente varia da 0,3 a 0,6 m; la lunghezza di sovrapposizione fra successivi campi (visiera) varia fra 1,5 e 5 m.

Al centro della calotta, dove i carichi sono maggiori, la spaziatura tra i tubi è generalmente ridotta per garantire una buona cementazione del terreno fra i tubi, prevenendo quindi il possibile crollo di materiale.

Gli ombrelli di infilaggi possono essere realizzati anche tramite l'installazione di bulloni autoperforanti di diametri sufficientemente grandi (es: $D \geq 38\text{mm}$) ed interassi ridotti (es: $i=0.20\text{m}$ in calotta e $i=0.35\text{m}$ ai piedritti). Anche con questa tecnologia risulta necessario eseguire iniezioni al fine di consolidare il suolo.

Infilaggi con spingitubo o micro-TBM

Questa tecnica speciale deriva dall'uso di mezzi di scavo che permettono il posizionamento di tubi "di infilaggio" con grande diametro: spingitubo o microfresa. La tecnica prevede le seguenti attività:

1. si realizza intorno al profilo di scavo uno speciale ombrello di infilaggi con tubi di grande sezione (ogni tubo è installato per la lunghezza richiesta attraverso l'utilizzo di spingitubo o microfresa).
2. alla fine di ogni campo di intervento è necessario realizzare una sezione allargata per consentire il posizionamento di una nuova serie di infilaggi;
3. lo scavo galleria è immediatamente seguito dall'installazione di centine di acciaio pesanti e di uno strato di calcestruzzo proiettato.

Tabella 1 – Tipologia, localizzazione e azione degli interventi di preconsolidamento e/o presostegno che possono essere realizzati in avanzamento agli scavi di un'opera in sotterraneo.

TIPI DI INTERVENTO	POSIZIONE			AZIONE	
	Intorno al cavo	Sul contorno del cavo	Nel nucleo	Protezione (presostegno)	Rinforzo (preconsol.)
GROUTING	*		*		*
JET-GROUTING	*	*	*	*(1)	*
CONGELAMENTO	*		*		*
DRENAGGI	*		*		*
ELEMENTI IN VETRORESINA	*		*		*
CUNICOLO PILOTA	*		*		*
PRE-TAGLIO		*		*	
PRE-TUNNEL		*		*	
OMBRELLO DI INFILAGGI		*		*	

(1) Quando l'intervento è localizzato al contorno dello scavo

1.2 Scavi

Con il termine "scavi" si intendono tutte le tecnologie esecutive finalizzate alla effettuazione di rimozioni a cielo aperto o a foro cieco di terreni naturali o materiali di altra natura.

Indipendentemente dalle modalità di avanzamento dello scavo, che dovranno essere conformi a quelle indicate nel progetto, si distinguono le seguenti tipologie principali di scavo:

- scavo a foro cieco;
- scavo a cielo aperto.

1.2.1 Scavi a foro cieco

Sono quelli eseguiti per la costruzione di gallerie di tipo naturale. Indipendentemente dalle modalità di avanzamento, che saranno conformi a quelle indicate nel progetto, si distinguono le seguenti tipologie principali di lavoro:

- scavo a foro cieco di qualunque tipo, con perforazione sia a mano che meccanica, con o senza formazione di prerivestimento, anche per sezioni parzializzate;
- scavo a pozzo o a campione da eseguirsi eventualmente per la costruzione di piedritti in sottomurazione delle calotte;
- scavo a foro cieco con attrezzatura completamente meccanizzata a piena sezione con o senza sostegno delle pareti mediante scudo metallico e sostegno del fronte;
- scavo a foro cieco con frese ad attacco puntuale con o senza scudo meccanico;
- scavo a foro cieco per gallerie artificiali ove il rivestimento di calotta o impalcato viene eseguito prima dell'effettuazione dello scavo (scavo sotto soletta).

1.2.2 Scavi a cielo aperto

Sono quelli eseguiti dall'alto per la costruzione di gallerie artificiali o di pozzi; le prime possono essere realizzate mediante:

- scavi eseguiti completamente a cielo aperto
- scavi eseguiti parzialmente a cielo aperto.

a) Scavo completamente a cielo aperto

Tale metodologia di scavo viene di norma adottata quando la situazione in superficie e le caratteristiche geotecniche dei terreni consentono l'effettuazione di uno scavo completo dal piano di campagna fino al piano d'imposta di fondazione del manufatto

b) Scavo parzialmente a cielo aperto

Tale metodologia viene di norma adottata quando la situazione in superficie e le caratteristiche geotecniche non consentono l'apertura di uno scavo completo fino al piano d'imposta della fondazione del manufatto.

1.3 Sostegni e rivestimenti

In base alla funzione che svolgono si distinguono:

- sostegni (o rivestimenti di prima fase)

Fanno parte dei sostegni:

- ❖ il conglomerato cementizio proiettato (anche detto calcestruzzo proiettato, betoncino proiettato o spritz beton), eventualmente armato con rete elettrosaldata o con fibre metalliche
- ❖ le centine e le blindature metalliche
- ❖ gli ancoraggi (tiranti, chiodi e bulloni)
- rivestimenti definitivi (o rivestimenti di seconda fase)

1.4 Riempimento dei vuoti

Con il termine "riempimento" si indicano tutte le tecniche esecutive atte a intasare completamente un vuoto o una cavità di qualsiasi volume presente all'estradosso del profilo di scavo.

Indipendentemente dalla natura del vuoto o della cavità, che può essere preesistente o successiva all'inizio dei lavori, i riempimenti vengono distinti in base a:

- modalità di immissione della miscela che può essere a gravità, tramite pompe o tramite iniezioni in pressione e può avvenire in una o più fasi successive;
- tipo di miscela immessa.

1.5 Classi di comportamento allo scavo

La risposta deformativa allo scavo dei vari raggruppamenti geotecnico/geomeccanici che si possono incontrare durante la realizzazione di un'opera in sotterraneo può essere analizzata mediante analisi tensionale, in base a cui vengono distinte definite categorie di comportamento.

Lo schema di riferimento utilizzato per la definizione di tali classi è riportato nella figura seguente (Russo et al.,1998). In particolare, in funzione della risposta deformativa del fronte e del cavo, si distinguono 6 possibili classi di comportamento (a, b, c, d, e, f), di cui si evidenziano nel seguito le principali caratteristiche:

Classi a-b

Nelle classi di comportamento "a" e "b" la resistenza intrinseca della massa rocciosa è in grado di sopportare, sia al fronte sia a distanza sul contorno del cavo, le sollecitazioni agenti.

Il rapporto di mobilitazione S tra resistenza e sollecitazioni è quindi sempre maggiore di 1: le deformazioni si mantengono in campo elastico e sono generalmente di entità trascurabile. I fenomeni di instabilità sono connessi a cinematismi gravitativi di blocchi lapidei: tali instabilità sono rare in classe "a", riferibile ad un ammasso roccioso continuo in rapporto alle dimensioni di scavo, e più marcate in classe "b", riferibile per contro ad un modello geotecnico discontinuo e quindi favorevole alla formazione di cunei e blocchi.

Classe c

Lo stato tensionale generatosi nella zona del fronte con l'apertura del cavo può raggiungere la resistenza della massa rocciosa ($S \sim 1$), e quindi insorgono deformazioni in campo elastoplastico, generando condizioni di lieve instabilità per un'estensione contenuta. I gradienti deformativi del fronte sono bassi e la deformazione radiale (d_o = rapporto tra lo spostamento radiale ed il raggio equivalente della galleria), già scontata al fronte, molto contenuta (in genere $d_o < 0.5\%$).

Sul contorno del cavo, a distanza tale da non risentire dell'effetto del fronte, le sollecitazioni superano la resistenza della massa rocciosa ($S < 1$). Si forma di conseguenza, oltre il profilo di scavo, una fascia di roccia plasticizzata, di estensione comunque inferiore ad un raggio della galleria ($R_p/R_o = 1 \sim 2$), mentre si manifestano significative convergenze sino al conseguimento teorico di una nuova condizione di equilibrio naturale (a prescindere da locali instabilità gravitative del materiale plasticizzato).

Classe d

In classe "d" le sollecitazioni agenti nella zona del fronte sono tali da superare la resistenza della massa rocciosa ($S < 1$). Il fronte è quindi plasticizzato, ma per la moderata entità dello squilibrio tensionale e/o per particolari proprietà della massa rocciosa, le deformazioni si sviluppano lentamente in rapporto alle consuete velocità di avanzamento dello scavo e non sono ipotizzabili immediati collassi del fronte. La deformazione avvenuta a tergo del fronte (d_0) è come ordine di grandezza compresa tra 0.5% e 1%.

Data l'origine già al fronte delle deformazioni plastiche, le condizioni del cavo a distanza sono più critiche di quelle della classe precedente e la fascia di plasticizzazione si sviluppa radialmente per un'estensione superiore al raggio della galleria ($R_p/R_o \geq 2$).

Classe e

La classe di comportamento "e" si differenzia dalla precedente per un'ulteriore accentuazione dei fenomeni deformativi sia del fronte sia del cavo a distanza.

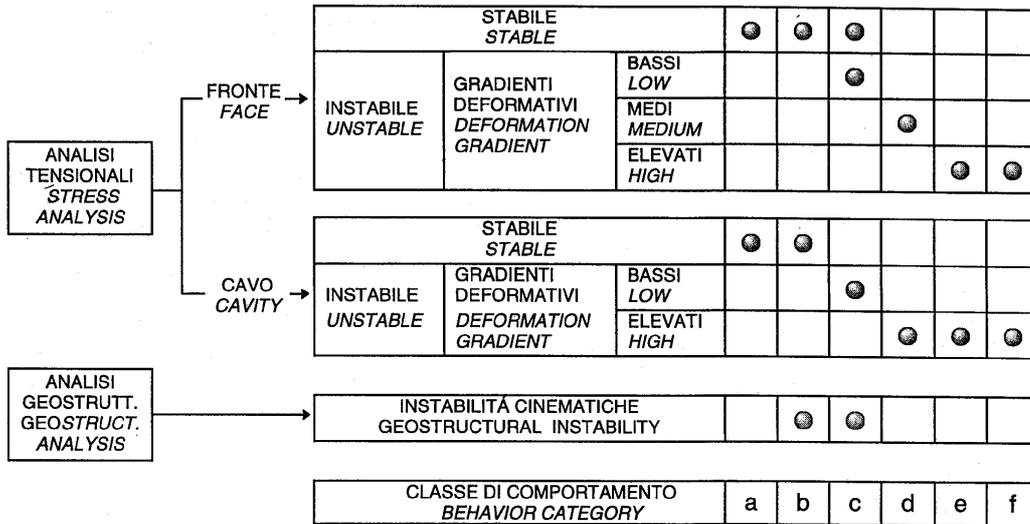
Nella zona del fronte lo squilibrio tensionale è tale da generare elevati gradienti deformativi, rendendo critiche le condizioni di stabilità del fronte alle normali cadenze di avanzamento. La deformazione già scontata al fronte è generalmente superiore al 1%.

Oltre il contorno del cavo, la fascia di plasticizzazione è molto estesa ($R_p/R_o \gg 2$) e la convergenza radiale molto accentuata.

Classe f

La classe di comportamento "f" è contraddistinta da un'instabilità a breve termine del fronte, con immediato collasso dello stesso in concomitanza alle operazioni di avanzamento.

Tale comportamento è ad esempio riferibile a terreni incoerenti, a masse rocciose cataclamate come nelle zone di faglia, specie se in presenza di forti gradienti idrici, o in ogni caso ai casi dove squilibri tensionali molto elevati determinano l'immediato franamento del fronte all'apertura del cavo.



Classe Category	Fronte Face	Cavo Cavity	Curve caratteristiche Characteristic curve at fronte - at the face (.....) e o distanza - at a dist. (—)	Interventi di stabilizzazione Stabilization measures	
				Funzione prev. Primary function	Tipologia Type
a	stabile stable $S > 1$ (lievi instabilità di blocchi) (limited block instability)	Stabile Stable $S > 1$ $R_p/R_o = 1$			
b	globalmente stabile globally stable $S > 1$ (cinematismi di blocchi) (wedge instability)	globalmente stabile globally stable $S > 1$ (cinematismi di blocchi) (wedge instability) $R_p/R_o = 1$		Confinamento Confinement	Radiale Radial
c	da stabile a leggermente instabile - limit condition $S \approx 1$ (bassi gradienti deformativi) (low deformation gradient) ($\delta_o \leq 0.5\%$)	instabile unstable $S < 1$ (poco spingente) (light squeezing) $R_p/R_o \approx 1-2$		>Confinamento >Confinement	Radiale Radial
d	instabile: fronte plasticizzato ma stabilità non critica not critical face instability ($S < 1$) (medi gradienti deformativi) (medium deformation gradient) ($0.5\% < \delta_o < 1.0\%$)	instabile unstable $S < 1$ (spingente) (squeezing) $R_p/R_o \approx 2-4$		Confinamento e/o miglioramento Confinement and/or improvement	Radiale ed eventualmente in avanzamento Radial and eventually in advance
e	Instabile: condizioni critiche critical instability $S < 1$ (elevati gradienti deformativi) (high deformation gradient) ($\delta_o \geq 1.0\%$)	instabile unstable $S < 1$ (spingente) (squeezing) $R_p/R_o > 4$		Miglioramento e confinamento Improvement and confinement	In avanzamento e radiale In advance and radial
f	instabile a breve termine short term stability $S < 1$ (immediate condizioni di colasso) (immediate collapse)	instabile unstable $S < 1$		Miglioramento e/o confinamento Improvement and/or confinement	In avanzamento e radiale In advance and radial

Note:
 S=Rapporto di mobilitazione (resistenza/sollecitazioni) strength-to-stress ratio
 R=Resistenza mezzo nucleo - strength of half nucleus
 δ =deformazione radiale (rapporto spostamento radiale / R_o) radial deformation defined as the percent ratio of radial displacement (u_r) to R_o
 δ_o =deformazione radiale scontata al fronte - radial deformation at the face
 R_p =Raggio plastico - plastic zone radius
 R_o =Raggio equivalente galleria - equivalent tunnel radius

Confinamento: Intervento teso ad evitare la decompressione della roccia e quindi il suo decadimento
 Confinement: Measures to avoid relaxation and preserve the inherent rock mass strength
 Miglioramento: Intervento teso a migliorare le caratteristiche geomeccaniche della roccia all'estradosso
 Improvement: Measures to enhance rock mass characteristics around the cavity

Definizione delle classi di comportamento - Definition of behavior categories
 (Russo et al., 1998)

1.6 Norme di misurazione

1.6.1 Preconsolidamenti e presostegni

Il preconsolidamento del terreno a mezzo di iniezione "tradizionali" (eseguite con miscele cementizie e/o chimiche iniettate attraverso tubi valvolati infissi nel terreno) o interventi di jet-iniezione dall'alto sarà computato a m³ di terreno consolidato secondo i relativi articoli di elenco prezzi, tenendo conto che il medesimo non dovrà presentare discontinuità, come indicato nella specifica sezione del capitolato "Consolidamenti". Eventuali interventi a formare coronelle di terreno consolidato intorno e sul contorno del cavo da eseguirsi con colonne jet-grouting in avanzamento dal fronte di scavo, saranno computati a metro di colonna di terreno consolidato in funzione del diametro reso.

Il preconsolidamento del terreno a mezzo di elementi in vetroresina sarà computato, con le relative voci di elenco prezzi, in base al numero e all'effettiva lunghezza degli elementi in vetroresina posti in opera, lunghezza misurata da bocca foro, fermo restando che non saranno computate lunghezze eccedenti quelle teoriche di progetto. Le eventuali armature delle colonne jet grouting saranno computate per la lunghezza ed il peso effettivo, con una tolleranza massima del $\pm 4\%$ rispetto al peso teorico di progetto, da computare con le modalità previste dalle presenti Norme.

Per tutte le lavorazioni previste in quest'articolo, si considerano compresi negli articoli d'Elenco prezzi gli oneri derivanti dall'esecuzione dei campi prove da effettuare prima dell'inizio delle operazioni di scavo.

Il presostegno del cavo a mezzo di infilaggi sarà computato, per ciascuno dei micropali (o elementi strutturali) suborizzontali posti in opera, come segue:

- lunghezza del foro: da bocca foro fino a fondo foro, con una tolleranza del 5% rispetto ai dati di progetto;
- tubo d'armatura: misurazione della lunghezza effettiva da bocca foro; per il peso unitario è ammessa una tolleranza massima del $\pm 4\%$ rispetto al peso teorico di progetto;
- valvole per l'iniezione: in base al numero effettivo secondo progetto;
- miscela di iniezione: in base al quantitativo effettivamente iniettato.

I relativi articoli d'Elenco prezzi comprendono tutti gli oneri in essi indicati nonché quelli delle presenti Norme.

1.6.2 Scavi

1.6.2.1 Scavi in galleria

Il compenso di scavo è computato per metro cubo in banco di terra scavata, con i prezzi, variabili a seconda della categoria di appartenenza, di elenco prezzi.

Nei prezzi si intendono compensati tutti gli oneri principali ed accessori quali:

- la predisposizione dei luoghi di lavoro;
- l'esecuzione degli scavi in terreni di ogni natura;
- l'esecuzione di movimenti di terra;
- gli oneri relativi agli esaurimenti dell'acqua di qualunque provenienza;
- quant'altro previsto nella presente specifica come lavorazione annessa per la realizzazione delle gallerie e dei pozzi.

Nessun compenso aggiuntivo potrà essere preteso dall'Appaltatore per l'eventuale riscontro di trovanti, blocchi lapidei o quant'altro possa occasionalmente rallentare l'avanzamento in sotterraneo.

Saranno esclusi dal computo tutti i maggiori volumi dovuti a irregolarità delle pareti di scavo ovvero a cavità di qualunque specie esistenti o formatesi durante l'esecuzione dei lavori.

Gli articoli dell'elenco prezzi degli scavi in galleria, se ed in quanto applicabili, saranno integrati con le maggiorazioni percentuali sottoelencate:

- esecuzione del rivestimento definitivo a ridosso del fronte di scavo;
- venute d'acqua eccedenti le portate previste dalle presenti specifiche tecniche;
- distanza dagli imbocchi;

In tali articoli così integrati sono compresi tutti gli oneri relativi agli scavi in genere ed inoltre quelli inerenti allo specifico tipo di lavoro, tra i quali, a titolo esemplificativo:

- armature provvisoria di qualsiasi tipo, recuperate o perse;
- interruzione dei cicli di lavoro e fermi di cantiere conseguenti: all'adozione d'interventi di preconsolidamento e/o presostegno; alla presenza di venute di gas; alla presenza di venute d'acqua

anche molto forti; a guasti delle attrezzature; alla mancanza d'energia; al montaggio e smontaggio di macchine e attrezzature da effettuarsi anche in sotterraneo, all'esecuzione delle attività di monitoraggio da parte d'altre Imprese ecc.;

- raccolta a tergo della muratura di rivestimento di calotta e piedritti delle acque d'infiltrazione, anche per forti quantitativi e loro convogliamento nel sistema di smaltimento;
- presenza di trovanti;
- quant'altro necessario per rendere possibile la regolare esecuzione dei lavori in galleria.

Gli aggettamenti in galleria, comprese tutte le opere e gli impianti occorrenti nonché gli oneri diretti e indiretti per la presenza d'acqua di qualsiasi provenienza, sono a carico dell'Appaltatore che, di propria iniziativa, dovrà costruire e mantenere efficiente il sistema di smaltimento, installare e mantenere in funzione gli impianti occorrenti per il sollevamento e l'esaurimento delle acque, così da potere eseguire regolarmente: preconsolidamenti e/o presostegni, scavi, sostegni, rivestimenti, e quant'altro previsto in progetto od ordinato dalla Direzione Lavori.

Nei prezzi dello scavo sottofalda sono compensati i seguenti oneri:

- stazioni di pompaggio;
- gruppi elettrogeni di adeguata potenza e tali da garantire, nel caso di interruzioni di energia elettrica dovute a qualsiasi causa anche di forza maggiore, il funzionamento immediato e contemporaneo degli impianti di pompaggio;
- un adeguato numero di pompe mobili del tipo sommerso al fronte di avanzamento;
- tubazioni e impianti idraulici necessari per l'eduazione dell'acqua dall'interno della galleria e/o dagli eventuali attacchi intermedi in discenderia od a pozzo e per lo smaltimento all'esterno;
- l'attenta manutenzione e controllo delle pompe e degli impianti in genere e quanto altro occorra per garantire, in ogni momento, il regolare funzionamento degli impianti stessi.

Per gli scavi e/o lo sgombero di materiale franato, i relativi articoli comprendono gli oneri di cui trattasi per portate d'acqua fino a 50 l/s nelle gallerie in salita e fino a 25 l/s nelle gallerie in discesa.

Portate superiori sono contabilizzate con le relative maggiorazioni percentuali sugli articoli dell'elenco prezzi degli scavi limitatamente alle tratte di galleria scavate nel periodo in cui tali portate si sono verificate. La misurazione delle portate dell'acqua, agli effetti delle maggiorazioni percentuali, sarà fatta in contraddittorio tra Direzione Lavori e Appaltatore con apparati di misurazione posti (in salita) a 100 m dal fronte d'avanzamento ed alla bocca d'erogazione delle pompe (in discesa); le risultanze di dette misurazioni saranno verbalizzate.

Lo scavo sarà considerato finito e quindi da contabilizzarsi esclusivamente dopo che l'Appaltatore abbia provveduto ad assolvere nelle distanze, nei tempi e nei modi a tutti gli interventi previsti dal progetto per il tipo di sezione incontrata.

1.6.2.2 Scavi in pozzo

Saranno computati in base al volume risultante dalle sezioni tipo di progetto; saranno quindi esclusi dal computo tutti i maggiori volumi dovuti ad irregolarità delle pareti di scavo ovvero a cavità di qualunque specie esistenti o formatesi durante l'esecuzione dei lavori.

Gli articoli dell'Elenco prezzi degli scavi per la costruzione di pozzi, integrati del compenso per la profondità, se ed in quanto dovuto, sono comprensivi di tutti gli oneri del presente Capitolato, compreso la captazione e l'allontanamento d'acque di qualsiasi provenienza, anche in forti quantitativi.

1.6.3 Sostegni

1.6.3.1 Conglomerato cementizio proiettato

Il computo del rivestimento di prima fase di gallerie e pozzi in conglomerato cementizio proiettato, sarà effettuato in base alle sezioni ed agli spessori previsti in progetto.

Nei relativi articoli di elenco prezzi sono compresi gli eventuali maggiori oneri derivanti dal riempimento d'irregolarità delle pareti di scavo oltre lo spessore teorico, che pertanto restano a totale ed esclusivo carico dell'Appaltatore.

Saranno tollerati spessori inferiori di non più di un terzo di quelli teorici soltanto in corrispondenza di singole punte maggiormente sporgenti dalle pareti di scavo. Per il riempimento di eventuali vuoti localizzati a tergo del rivestimento si procederà come segue:

- quando i vuoti sono conseguenti ad irregolarità della sezione di scavo potranno essere riempiti con conglomerato cementizio spruzzato, dato anche a più strati e armato con rete d'acciaio elettrosaldato, oppure con iniezioni d'intasamento a tergo del rivestimento di prima fase ed il relativo onere deve intendersi a totale ed esclusivo carico dell'Appaltatore;
- nel caso di caverne naturali o di cavità causate da cedimenti o franamenti non imputabili, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, a negligenze dell'Appaltatore, si potrà ricorrere a riempimenti con calcestruzzo o muratura di bloccaggio o iniezioni d'intasamento e l'eccedenza, oltre il rivestimento teorico prescritto, sarà contabilizzata a parte mediante i relativi articoli dell'elenco prezzi, seguendo la procedura utilizzata per i danni di forza maggiore.

Il computo dei volumi del conglomerato cementizio proiettato per il rivestimento provvisorio del fronte di scavo sarà effettuato in base alle superfici ed agli spessori previsti in progetto.

I relativi articoli dell'elenco prezzi comprendono gli sfridi e tutti gli oneri connessi alla particolare lavorazione, tra i quali quello della regolarizzazione superficiale dello strato, anche mediante conguaglio, per consentire la posa in opera dell'impermeabilizzazione.

In particolare, la maggiorazione per l'impiego dell'armatura in fibre d'acciaio comprende anche l'onere dell'esecuzione senza fibre dello strato superficiale.

1.6.3.2 Ancoraggi

Gli ancoraggi saranno computati in base alla lunghezza teorica prevista; lunghezze eccedenti quella teorica non saranno computate; non saranno accettati ancoraggi di lunghezza inferiore a quella teorica.

I relativi oneri sono quelli previsti nei relativi articoli e norme.

1.6.3.3 Centine e blindature metalliche

Armature centinate, liner plates, reti, scalette saranno computate in base al peso determinato secondo le modalità relative ai manufatti di acciaio.

1.6.4 Impermeabilizzazione

L'impermeabilizzazione delle opere in sotterraneo sarà computata - per ciascuna delle sezioni tipologiche che caratterizzano l'opera - in base allo sviluppo trasversale dell'impermeabilizzazione per la lunghezza effettiva del tratto impermeabilizzato, considerando tutti gli elementi preposti alla impermeabilizzazione delle opere sotterranee.

Il relativo articolo dell'Elenco prezzi comprende gli oneri in esso richiamati tra i quali, in particolare, si ricorda quello della fornitura e posa in opera dei tubi di drenaggio in PVC posti longitudinalmente ai piedi della guaina.

1.6.5 Rivestimenti

Il computo del rivestimento delle opere in sotterraneo sarà effettuato - per ciascuna delle sezioni tipologiche che caratterizzano l'opera - in base alla lunghezza misurata sull'asse della opera e dell'area teorica prevista. Eventuali maggiori spessori di rivestimento rispetto a quelli teorici, conseguenti ad irregolarità della sezione di scavo, saranno a totale ed esclusivo carico dell'Appaltatore.

Per il riempimento d'eventuali vuoti localizzati a tergo del rivestimento si richiama quanto riportato precedentemente in merito al calcestruzzo spruzzato.

Sarà detratto il totale del volume occupato da strutture annegate nel conglomerato cementizio e formanti oggetto di valutazione separata, ad eccezione di quello delle armature metalliche.

Le armature in barre di acciaio saranno computate in base al loro peso.

Le casseforme saranno computate per la superficie in vista del rivestimento, con l'esclusione dell'arco rovescio. Nel relativo articolo dell'elenco prezzi è compreso l'onere per la cassetta frontale di contenimento dei successivi conci (smorza), che pertanto non sarà computata e resterà a totale ed esclusivo carico dell'Appaltatore.

2. PRESCRIZIONI GENERALI

- a) Prima di cominciare i lavori in sotterraneo l'Appaltatore dovrà inviare alla Direzione Lavori gli elaborati di dettaglio del progetto che dovranno includere anche:
- la dettagliata descrizione dei metodi, delle fasi e delle sequenze di esecuzione che verranno adottate per ciascuna sezione tipo prevista nel progetto in accordo con le prescrizioni del progetto stesso;
 - l'organizzazione dei cantieri di lavoro e le misure di sicurezza
 - la pianificazione delle prove da effettuare in corso d'opera in accordo alle prescrizioni di progetto.
- b) Con il procedere dei lavori, l'Appaltatore dovrà provvedere alla redazione del progetto "as built" che dovrà riportare tutti i dettagli relativi agli interventi effettivamente posti in opera e tutte le caratteristiche delle opere nella loro configurazione finale.
- c) La realizzazione delle opere (preconsolidamenti/presostegni, scavi, sostegni, rivestimenti, ecc.) dovrà avvenire in conformità al progetto. Ove la natura dei terreni in sito risultasse difforme da quella ipotizzata in progetto, l'Appaltatore dovrà fornire al progettista, tramite la Direzione Lavori, tutti i dati necessari affinché il progetto possa essere verificato ed eventualmente modificato a cura del progettista stesso.
- d) L'Appaltatore dovrà provvedere all'esecuzione di tutte le prove ed i rilievi previsti dal progetto e/o dalle presenti prescrizioni ed eventualmente richiesta dalla Direzione Lavori. Avrà inoltre l'onere di provvedere alla registrazione e archiviazione di tutti i dati della costruzione e alla segnalazione tempestiva, alla Direzione Lavori, di tutte le anomalie riscontrate.
- e) Per gli interventi di preconsolidamento e/o presostegno la Direzione Lavori potrà richiedere la realizzazione di adeguati campi prova per valutare la fattibilità e l'efficacia degli interventi stessi e per consentire il loro corretto dimensionamento. Le prove preliminari, ove previste, non costituiscono certificazione di qualità dei lavori, ma hanno soltanto lo scopo di provare la fattibilità e l'efficacia degli interventi previsti nel progetto. Gli oneri diretti e indiretti, connessi con la realizzazione dei campi prova sono compresi e compensati nei prezzi delle opere; solo nel caso in cui a seguito delle risultanze delle prove eseguite si ritenesse di non adottare gli interventi provati, all'Appaltatore saranno compensati, a misura, i soli interventi eseguiti e sottoposti a prove di verifica.
- f) L'Appaltatore dovrà provvedere alla realizzazione e manutenzione di strade di accesso alle opere in costruzione adeguate al transito dei mezzi di lavoro e dei mezzi di locomozione per il personale operativo e direttivo.
- g) L'Appaltatore dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari, sia definitivi che provvisori, atti ad evitare il prosciugamento di pozzi e/o sorgenti, nonché danni ai fabbricati, alle sedi stradali e alle opere interferenti con i lavori.
- h) L'Appaltatore dovrà garantire la presenza continua del personale necessario alla conduzione, manutenzione e guardia degli impianti di servizio necessari per la sicurezza e operabilità dei cantieri in sotterraneo.
- i) Gli oneri relativi alla realizzazione di discenderie, finestre o pozzi per eventuali attacchi intermedi non previsti dal progetto che si rendessero necessari per il rispetto dei tempi di costruzione, sono a carico dell'Appaltatore.
- j) È a carico dell'Appaltatore l'installazione e la gestione dei Cantieri necessari a realizzare le opere. L'Appaltatore è, inoltre, tenuto al controllo delle aree di cantiere ed alla regolamentazione degli accessi.
- k) È a carico dell'Appaltatore, quando necessario, il trattamento delle acque provenienti dalle opere in sotterraneo prima del loro scarico all'esterno.
- l) È onere dell'Appaltatore il mettere a disposizione della Direzione Lavori tutte le attrezzature ed il personale da questa richiesti per l'esecuzione di prove o controlli in opera inclusa l'adeguata illuminazione e ventilazione dei luoghi.
- m) L'Appaltatore dovrà adottare tutti gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza con particolare riferimento all'incolumità del personale addetto ai lavori. A tal fine dovrà osservare e far osservare scrupolosamente le prescrizioni delle leggi, vigenti ed emanate in termini di sicurezza e igiene del lavoro in sotterraneo.

- n) L'accesso in sotterraneo, fino al completamento del rivestimento definito, dovrà essere consentito soltanto al personale autorizzato. A tal fine l'Appaltatore dovrà opportunamente regolamentare gli accessi mettendo in atto un sistema di controllo che consenta di disporre in ogni momento dell'elenco completo del personale, dipendente e esterno, presente in sotterraneo.
- o) Le opere provvisorie, non previste esplicitamente nel progetto, necessarie per garantire in corso d'opera il sostegno degli scavi, il regolare svolgimento dei lavori e l'incolumità del personale, dovranno essere definite e realizzate sotto la diretta responsabilità dell'Appaltatore. L'Appaltatore, ove lo ritenga necessario, dovrà tempestivamente incrementare i sostegni provvisori eventualmente previsti nel progetto informando la Direzione Lavori prima di proseguire nelle lavorazioni.
- p) L'Appaltatore dovrà provvedere all'installazione e all'esercizio di idonei sistemi atti a garantire la ventilazione e il ricambio d'aria all'interno delle aree di lavoro in sotterraneo. Tali sistemi dovranno essere opportunamente dimensionati e dotati di adeguati automatismi che consentano l'entrata in servizio delle riserve in caso di avaria o di inefficienza del sistema.
- q) L'Appaltatore dovrà provvedere agli esaurimenti di acqua necessari per consentire l'effettuazione dei lavori in sicurezza, senza intralci e senza danni alle opere in costruzione. I sistemi di evacuazione dovranno essere adeguatamente dimensionati e idonei a garantire il costante allontanamento dell'acqua e del fango qualunque sia la provenienza e il volume. I sistemi di evacuazione, in particolare quando si rende necessaria l'installazione di stazioni di pompaggio per il sollevamento, dovranno essere dotati di adeguati automatismi che consentano l'entrata in servizio delle riserve in caso di avaria o di inefficienza del sistema.
- r) I cantieri in sotterraneo dovranno essere adeguatamente illuminati al fine di consentire la sicurezza e il regolare svolgimento dei lavori. L'impianto di illuminazione dovrà essere conforme alla normativa vigente: dovranno comunque essere previsti adeguati sistemi d'emergenza (apparecchiature fisse e portatili, gruppi elettrogeni ausiliari, etc.).
- s) Il piano di transito dei mezzi dovrà essere mantenuto regolare provvedendo alle necessarie ricariche e sistemazioni con materiale arido, in modo da rendere sicura la circolazione.
- t) Le squadre di personale operanti in sotterraneo dovranno essere dotate di idonei sistemi di comunicazione coordinati da una postazione fissa all'esterno.
- u) L'Appaltatore dovrà predisporre un servizio di salvataggio e pronto soccorso provvisto dei necessari mezzi di emergenza e formato da personale adeguatamente addestrato.
- v) Tutti i materiali da utilizzare in sotterraneo, compresi i cavi elettrici di qualsiasi tipo, dovranno essere autoestinguenti e a ridotta emissione ai fumi, gas tossici e corrosivi.
- w) L'Appaltatore, prima dell'inizio dei lavori, dovrà dare evidenza di aver ottemperato a quanto prescritto dalle leggi vigenti. La constatazione di quanto attuato e l'autorizzazione all'inizio lavori non esonera l'Appaltatore dalla propria responsabilità sull'andamento dei lavori.
- x) All'Appaltatore faranno carico i maggiori costi eventualmente derivanti dal fermo dei mezzi e del personale conseguenti a motivi di sicurezza o derivanti dalla necessità di modificare le metodologie di lavoro.
- y) L'Appaltatore, nell'eseguire i lavori conformemente al progetto, è tenuto ad utilizzare le sue capacità e la sua esperienza al fine di individuare in tempo utile situazioni potenzialmente pericolose ed eventualmente ad integrare le opere provvisorie secondo quanto disposto al precedente punto "o"..
- z) Ogni qualvolta l'avanzamento al fronte venga sospeso, anche per un giorno, l'Appaltatore dovrà assicurarsi che, secondo quanto previsto nel progetto, il cantiere sia stato posto in sicurezza, che la posa di tutti i sostegni di 1a fase sia stata completata fino al fronte e che quest'ultimo sia stato protetto.

2.1 Scavi

2.1.1 Aspetti generali

Per i lavori oggetto del presente CSA – Parte B è fatto divieto di impiego durante gli scavi di agenti esplosivi; qualora il ricorso agli usuali mezzi meccanici di abbattimento si rivelasse inefficace nei riguardi di eventuali blocchi lapidei o di altra natura, l'Appaltatore, previo assenso da parte della Direzione Lavori, dovrà fare ricorso ad agenti demolitori esplosivi di tipo chimico o meccanico.

Gli scavi potranno essere effettuati in terreni di qualsiasi natura, durezza e consistenza costituiti anche da materiali eterogenei e/o sciolti. Sarà in ogni caso cura dell'Appaltatore provvedere, in accordo al progetto, ai lavori di consolidamento e sostegno delle pareti dello scavo, allo smaltimento delle acque (qualunque ne siano le caratteristiche, la portata e la pressione), all'adozione di tutte le cautele necessarie ad evitare danni di qualsiasi natura.

Quando gli scavi procedono per sezioni parzializzate, salvo diverse prescrizioni progettuali, l'esecuzione dello strozzo, dei piedritti, dell'arco rovescio e del rivestimento dovrà sempre procedere di pari passo con gli scavi di avanzamento in calotta per evitare fenomeni di instabilità o inammissibili deformazioni del cavo.

Nei terreni spingenti a comportamento plastico o nei terreni sciolti, il rivestimento definitivo completo di arco rovescio dovrà sempre essere realizzato entro la distanza massima dal fronte prevista in progetto. Inoltre, i piedritti, quando eseguiti per sottomurazione del rivestimento della calotta, dovranno essere costruiti per campioni della lunghezza massima indicata in progetto, alternativamente su ciascun paramento ed alternativamente sfalsati.

Immediatamente dopo la messa in sicurezza del cavo, L'Appaltatore è tenuto a verificare che il profilo di intradosso coincida con il profilo che il progetto ha previsto per questa fase di lavoro procedendo, in caso contrario, alle eventuali ribattiture o al riempimento dei vuoti o delle cavità come indicato nei paragrafi seguenti.

La metodologia di scavo adottata, così come la tipologia dei consolidamenti, degli ancoraggi, dei prerivestimenti, etc. dovrà essere quella definita negli specifici elaborati di progetto. L'Appaltatore sarà comunque tenuto ad adeguare le metodologie di scavo ed i lavori preliminari ad esso connessi alle effettive caratteristiche meccaniche, strutturali ed idrologiche dei terreni rinvenuti al momento degli scavi, previa approvazione della Direzione Lavori.

2.1.2 Scavo con esplosivo

Questa modalità di scavo non è contemplata nell'ambito dei lavori in progetto oggetto del presente CSA – Parte B.

Si riportano in ogni caso a titolo informativo le specifiche generali relative a questa tecnica qualora si rivelasse necessario nel corso dei lavori ricorrere a questa tecnica.

E'onere e responsabilità dell'Appaltatore la richiesta di tutte le autorizzazioni di legge per l'acquisto, trasporto, custodia e l'impiego dell'esplosivo.

Negli scavi eseguiti con impiego di esplosivo dovrà essere adottato il sistema di sparo a profilatura controllata, con adeguata perforazione sul profilo ed eventuale uso di microritardi, così da ottenere sezioni di scavo regolari e ridurre al tempo stesso il disturbo ai materiali circostanti.

A questo scopo, negli elaborati di dettaglio, dovranno essere definiti, in linea con le prescrizioni del progetto, la distribuzione e la profondità dei fori da mina, l'entità delle cariche di esplosivo ed il frazionamento dei tempi.

Tutte le operazioni di caricamento e sparo devono essere condotte da personale in possesso delle abilitazioni prescritte dalla legge.

L'Appaltatore è responsabile di qualunque danno, a cose e persone ed all'ambiente circostante, causato direttamente e indirettamente dall'impiego dell'esplosivo.

L'accettazione degli schemi di volata e degli eventuali provvedimenti di sicurezza non comporta una condivisione di responsabilità da parte della Direzione Lavori.

Tra gli oneri dell'appaltatore ricade anche il monitoraggio dei livelli di rumore e vibrazione prodotti dallo sparo. Le attrezzature per il monitoraggio devono essere poste in opera in accordo al progetto e comunque, anche se non previste, in tutti i casi in cui nei pressi delle opere in sotterraneo in costruzione siano presenti strutture.

Il responsabile delle operazioni di "sparo", a termine di ogni volata, deve compilare una scheda di registrazione dei materiali impiegati, delle variazioni apportate allo schema di volata presentato e degli eventuali effetti anomali sullo scavo, come cavità, rilasci e fuori sagoma.

La scheda sarà registrata e conservata a cura dell'Appaltatore e ne sarà trasmessa una copia alla Direzione Lavori.

Contemporaneamente alla rimozione del marino al fronte l'Appaltatore dovrà procedere all'accurato disgiungimento dei blocchi instabili, sia in prossimità del fronte di scavo che a distanza da esso, e alla posa dei sostegni di 1a fase previsti nel progetto.

Qualora la sezione di scavo risultasse inferiore a quella di progetto, l'Appaltatore dovrà riprendere lo scavo a sua cura e spese con fori e cariche di esplosivo rapportate all'ottenimento della sezione di progetto, o con qualsiasi altro mezzo ritenuto idoneo.

2.1.3 Scavo in presenza d'acqua

Tutte le acque che si raccolgono negli scavi in sotterraneo, anche se connesse con le lavorazioni di cantiere, dovranno essere convenientemente raccolte e completamente estratte, a cura e onere dell'Appaltatore, al fine di mantenere le zone di lavoro perfettamente libere dall'acqua in modo che non derivi alcun intralcio allo svolgimento dei lavori e nessun danno alle opere.

In particolare, dovrà essere evitata la formazione di ristagni d'acqua, di qualunque provenienza, al piede degli scavi ed in corrispondenza delle zone di appoggio del prerivestimento o di parte dei rivestimenti definitivo per evitare rammollimenti del terreno che possono innescare instabilità degli scavi o cedimenti delle strutture.

Per i tratti in discesa o quando sia necessario allontanare acqua proveniente da tratti in discesa, l'Appaltatore dovrà installare tutti gli impianti elettrici e le postazioni fisse e mobili necessarie per la sua eduazione all'esterno prevedendo:

- stazioni di pompaggio anche se da ubicare in appositi nicchioni;
- gruppi elettrogeni di adeguata potenza e tali da garantire, nel caso di interruzioni di energia elettrica dovute a qualsiasi causa anche di forza maggiore, il funzionamento immediato e contemporaneo degli impianti di pompaggio;
- un adeguato numero di pompe mobili del tipo sommerso al fronte di avanzamento;
- tubazioni e impianti idraulici necessari per l'eduazione dell'acqua dal sotterraneo e per il loro smaltimento all'esterno;
- la continua vigilanza diurna e notturna delle pompe e degli impianti in genere e quanto altro occorra per garantire, in ogni momento, il regolare funzionamento degli impianti stessi.

La capacità totale delle pompe per ciascun attacco in discesa dovrà garantire lo smaltimento di una volta e mezzo la quantità di acqua di infiltrazione più quella utilizzata per il funzionamento delle attrezzature di perforazione al fronte.

L'Appaltatore dovrà mettere in opera, o avere la disponibilità, all'inizio dei tratti da eseguire in discesa, all'inizio di ciascun tratto servito da attacco intermedio in discenderia o a pozzo, uno o più apparecchi se necessario, per misurare la quantità di acqua edotta e smaltita all'esterno.

In presenza di venute d'acqua, compresi gli stillicidi, l'Appaltatore è tenuto ad eseguire prelievi ed analisi chimico-fisiche sistematiche, anche ripetute nel tempo, per accertare l'eventuale aggressività delle acque stesse nei confronti dei materiali impiegati per il rivestimento delle gallerie comunicandone tempestivamente l'esito alla D.L.

La valutazione dei provvedimenti da adottare deve essere effettuata tenendo conto sia dell'esito delle suddette analisi, sia della situazione idrogeologica della zona interessata dagli scavi, avuto particolare riguardo alla permeabilità in grande dei terreni e alle possibili modifiche dei flussi idrici sotterranei conseguenti alla costruzione delle opere.

L'Appaltatore dovrà installare appositi impianti di depurazione delle acque provenienti dal sotterraneo prima dello scarico all'esterno.

Per venute d'acque cospicue, inoltre, la Direzione Lavori potrà richiedere all'Appaltatore di prendere adeguati provvedimenti per irregimentare l'acqua e scaricarla all'esterno evitando che questa venga a contatto con il piano di lavoro caricandosi di impurità.

2.1.4 Scavo in probabile presenza di gas

Qualora, in base alle preventive indagini geologiche, alle caratteristiche genetiche stratigrafiche e tettoniche, alle esperienze maturate nel corso di precedenti scavi di gallerie prossime a quella da eseguire venga prevista la possibile presenza di gas, sia diffusa che concentrata, nell'ammasso interessato dagli scavi, l'Appaltatore dovrà adottare durante lo scavo, oltre ai provvedimenti previsti dalla legge, anche le seguenti cautele:

- a) installazione dei ventilatori di riserva, con caratteristiche analoghe a quelli in esercizio, in grado di entrare in funzione in caso di necessità;

- b) installazione di un gruppo elettrogeno di potenza adeguata in grado di intervenire in caso di interruzione dell'energia elettrica di rete;
- c) dotazione in cantiere di sistemi e apparecchi di illuminazione fissi e individuali di sicurezza nonché di apparecchiature e condutture elettriche del tipo antideflagrante, quando è probabile la presenza di gas esplosivi;
- d) installazione, in sotterraneo, di apparecchiature fisse e mobili, di rilevazione di gas nocivi o esplosivi dotati di sistemi d'allarme che segnalino il superamento della soglia di pericolosità dei gas;
- e) dotazione in cantiere dei mezzi prescritti dalla normativa per eseguire tutte le lavorazioni in sicurezza;
- f) dotazione in cantiere dei mezzi prescritti dalla normativa per tutelare la sicurezza del personale e per il pronto intervento: estintori, autoprotettori, respiratori, bombole di ossigeno di riserva, apparecchi atti ad accertare con sicurezza la percentuale di gas infiammabile o esplosivo oppure tossico o altrimenti nocivo esistente in sotterraneo, collegamenti con l'esterno a mezzo di telefono - citofono;
- g) disponibilità di una squadra di salvataggio e di pronto soccorso provvista dei mezzi di emergenza necessari, formata da personale addestrato all'intervento in caso di emissione di gas;
- h) esecuzione sistematica di fori esplorativi nel fronte di avanzamento aventi lunghezza definita dal Progettista e comunque non inferiore a 30 m. Quando è probabile la presenza di gas esplosivi le perforazioni dovranno essere eseguite con attrezzature di tipo antideflagrante e metodologie adeguate;
- i) esecuzione, in corrispondenza dei fori esplorativi all'inizio di ciascun turno di lavoro, della misura di gas nell'ambiente e registrazione dei controlli su apposito registro;
- j) istruzione del personale sulla natura dei gas riscontrabili e sui relativi pericoli;

Sono a carico dell'Appaltatore anche:

- 1) il maggior consumo di energia elettrica e di aria compressa, derivante dall'organizzazione delle attività descritte ai punti precedenti;
- 2) il maggior impiego di mano d'opera, i periodi di mancata produttività di quest'ultima per l'evacuazione delle opere in sotterraneo in caso di presenza di gas pericolosi, il maggior costo della mano d'opera impiegata in sotterraneo;
- 3) ogni altro onere derivante:
 - a) dalla predisposizione dei macchinari e delle attrezzature di tipo antideflagrante necessarie ad operare in ambienti con presenza di gas;
 - b) dalle disposizioni impartite dagli uffici competenti in materia di prevenzione degli infortuni e di igiene del lavoro in sotterraneo;
 - c) dall'osservanza delle norme vigenti e di ogni altra spesa diretta o indiretta connessa con la probabile presenza di gas infiammabili o esplosivi oppure tossici o altrimenti nocivi durante la costruzione delle gallerie.

2.1.5 Scavo in presenza di gas accertata

Qualora lo scavo avvenisse in presenza di gas accertata, l'Appaltatore dovrà operare adottando i seguenti provvedimenti:

- a) installazione, esercizio, manutenzione e montaggio degli occorrenti maggior impianti di ventilazione (principali, di riserva, ausiliari), per l'immissione di aria pura e l'aspirazione dell'aria viziata, per la più elevata potenza richiesta dalla necessità di:
 - ridurre rapidamente la percentuale di gas infiammabile, od esplosivo oppure tossico od altrimenti nocivo, presente nell'atmosfera al di sotto dei limiti tollerabili ai sensi delle norme succitate;
 - espellere rapidamente, nel caso di gas infiammabili od esplosivi, i gas prodotti dallo impiego dei prescritti esplosivi antigas.
- b) dotazione in cantiere, nel caso di gas infiammabili od esplosivi, dei sistemi e mezzi di illuminazione fissi e individuali adatti ad ambienti grisovivi nonché macchine operatrici, apparecchiature e condutture elettriche di tipo antideflagrante, secondo la normativa vigente, compresi gli impianti esterni necessari per l'impiego e la manutenzione di tali attrezzature e mezzi;

- c) esecuzione di fori esplorativi nel fronte di avanzamento la cui lunghezza, se non definita dal progetto, deve essere proposta dall'Appaltatore alla Direzione Lavori.
- d) verifica continua, da parte di personale esperto, della concentrazione di gas di qualunque tipo estesa a tutto lo sviluppo delle opere in sotterraneo e in particolare in corrispondenza dei fori esplorativi e registrazione dei controlli su apposito registro;
- e) dotazione in cantiere dei mezzi prescritti dalla normativa per eseguire tutte le lavorazioni in sicurezza;
- f) dotazione in cantiere dei mezzi prescritti dalla normativa per tutelare la sicurezza del personale e per il pronto intervento quali: elmetti speciali, stivali di gomma, estintori nel caso di gas infiammabili od esplosivi.
Per le maestranze scorta di: respiratori e autoprotettori; apparecchi atti ad accertare la percentuale di gas di qualunque tipo esistente nei vari punti in sotterraneo; collegamenti telefonici con l'esterno.
- f) La disponibilità di una squadra di salvataggio e pronto soccorso per ciascun turno di lavoro provvista dei mezzi di emergenza necessari;
- g) installazione, nel caso di gas infiammabili od esplosivi, di una rete di distribuzione di acqua in pressione e predisposizione di idonea attrezzatura per l'efficiente funzionamento dei mezzi di estinzione incendi e per la protezione del personale a essi addetto;
- h) istruzione del personale sulla natura dei gas riscontrati e sui relativi pericoli.

Sono a carico dell'Appaltatore anche:

1. il maggior consumo elettrico e di aria compressa derivante dall'organizzazione del lavoro descritta nei punti precedenti, la disponibilità di gruppi elettrogeni di idonea potenza per l'azionamento dei ventilatori in caso di mancanza di corrente elettrica di rete;
2. il maggior impiego di mano d'opera, i periodi di mancata produttività di quest'ultima per la prescritta uscita all'aperto nel caso in cui la concentrazione di gas sia superiore a quella tollerabile e l'attesa per l'accertamento che il gas non superi la percentuale tollerabile.
3. Il maggior costo della mano d'opera impiegata in sotterraneo in dipendenza del pagamento dell'indennità di gas e di ogni altro onere connesso con il personale;
4. ogni altro onere derivante:
 - a. dalla predisposizione dei macchinari e delle attrezzature di tipo antideflagrante necessarie ad operare in ambienti con presenza di gas;
 - b. dalle disposizioni impartite dagli uffici competenti in materia di prevenzione degli infortuni e di igiene del lavoro in sotterraneo;
 - c. dall'osservanza delle norme vigenti e di ogni altra spesa diretta o indiretta connessa con la presenza di gas durante la costruzione delle gallerie.

2.2 Avanzamenti in condizioni particolari: amianto

2.2.1 Procedure operative in presenza di amianto

In fase di esecuzione dei lavori, è previsto, ai fini di una puntuale caratterizzazione dei materiali estratti, di realizzare campionamenti sul fronte di scavo basati su una maglia di indagine di lunghezza di 100 m. Il set analitico prevede anche l'amianto. Ogni 100 m, quindi, si provvederà al prelievo sul fronte in 8 punti distribuiti sulla sezione dello stesso. Con questa metodologia, e in relazione agli esiti dei campionamenti, sarà quindi possibile conoscere la qualità dei terreni che saranno scavati.

Si sottolinea che, durante i lavori, l'Appaltatore dovrà farsi carico di una costante ispezione da parte di un esperto geologo cui spetterà, in contraddittorio con la D.L., il compito di definire le condizioni di rischio di seguito elencate:

- *Rischio nullo*: non sono presenti terreni in cui si possa rilevare amianto;
- *Rischio medio basso*: è possibile la presenza di terreni contenenti amianto;
- *Rischio alto*: amianto rinvenuto – lavori con misure di protezione

Nelle condizioni *Rischio nullo* non sono necessarie misure di protezione e/o misurazioni e/o controlli in galleria legate al rischio amianto.

Nelle condizioni di *Rischio medio basso* le misure di protezione dall'amianto devono essere pronte per l'immediata attuazione, mentre devono essere immediatamente disponibili le maschere individuali tipo P3. Sulla base delle valutazioni del geologo incaricato, occorrerà provvedere all'intensificazione dei campionamenti.

In questo assetto si adotteranno le seguenti procedure di sicurezza:

- adozione di procedure di trattenuta delle polveri al fronte, sul cumulo di smarino, durante il caricamento ed il trasporto del materiale durante lo scavo in tradizionale, mediante inaffiatura sistematica del fronte e dei materiali;
- utilizzo di mezzi dotati di cabina climatizzata e filtri antipolvere;
- rilievo sistematico del fronte ed esame del materiale di smarino da parte del geologo di cantiere per confermare l'assenza dei minerali pericolosi;
- monitoraggio della qualità dell'aria in corrispondenza del fronte di scavo, a cadenza settimanale (con impiego di filtri del tipo VDI per la determinazione del quantitativo di fibre d'amianto presenti per unità di volume);
- impiego di DPI ordinari per il personale a terra.

Qualora, attraverso gli esiti dei campionamenti si constatasse la presenza di amianto (*Rischio alto*), le procedure operative da adottarsi saranno le seguenti:

- presentazione del Piano di Lavoro di Dettaglio (PdLD), previa interruzione dei lavori in galleria;
- intensificazione del monitoraggio delle polveri prevedendo misure in continuo;

In linea previsionale, i provvedimenti da inserire nel PdLP riguarderanno l'intensificazione delle procedure già adottate in condizioni normali, con l'aggiunta di:

- 1) additivazione di tensioattivi alle acque di inaffiatura (le acque saranno raccolte e conferite all'impianto di trattamento);
- 2) impianto di nebulizzazione dell'acqua come schermo per limitare la diffusione in aria delle fibre e delle polveri;
- 3) copertura immediata del fronte dopo lo smarino con uno strato di calcestruzzo proiettato per isolare la galleria dalla sorgente di potenziale rilascio;
- 4) perforazioni ad acqua additivata con tensioattivi per impedire lo sviluppo di polveri in galleria;
- 5) smarino differenziato con caricamento e trasporto in cassoni coperti al luogo di stoccaggio;
- 6) impianti di aspirazione localizzati con filtraggio delle polveri;
- 7) lavaggio mezzi in galleria e sul piazzale a ogni avanzamento;
- 8) sistemi di decontaminazione del personale (docce);
- 9) DPI speciali per il personale a terra.

In particolare, in condizioni di *Rischio alto* sarà necessario suddividere la galleria in scavo in tre zone (A, B e C), separate tra loro dalla presenza di due fasce d'acqua nebulizzata:

- nella zona (A) avvengono le lavorazioni di scavo e caricamento del marino su automezzi telonati (o comunque chiusi);
- nella zona (B) sono posizionati i servizi (ad esempio: postazione di lavaggio per la pulizia dei macchinari o contenitori stagni per deporvi le maschere respiratorie contaminate, il container per il cambio dei minatori) e avviene l'allestimento dei macchinari per i lavori nella zona (A) nonché le operazioni di preparazione e di pulizia per accedere alla zona (C);
- la zona (C) è uno spazio non contaminato da amianto che deve essere comunque sempre controllato mediante misurazioni con filtri VDI.

In caso di operatività del cantiere in condizione di *Rischio alto* occorrerà procedere con singoli avanzamenti di scavo di 1 metro lineare prevedendo un campionamento sul fronte per il metro successivo sino alla verifica, sulla base degli esiti analitici, della possibilità di rientrare nelle condizioni operative riferibili a livelli di rischio inferiori.

Il materiale scavato in condizioni di Rischio Alto, con valori di CSC superiori ai valori di riferimento normativi di cui alla Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. sarà gestito come rifiuto.

In condizioni di *Rischio alto*, sarà necessario attivare anche dei monitoraggi di amianto aerodisperso esterni alle aree di cantiere sulla base dei seguenti criteri localizzativi:

- Previsione di 1 punto di monitoraggio in corrispondenza del limite di cantiere;
- Previsione di 1 o 2 punti di monitoraggio sui ricettori più prossimi all'area di cantiere in relazione al contesto specifico.

Il monitoraggio sul perimetro di cantiere dovrà essere effettuato in continuo, mentre i monitoraggi sui ricettori all'esterno del perimetro di cantiere dovranno essere attivati, anch'essi in continuo, qualora al perimetro di cantiere si dovesse riscontrare un valore $>$ di 1f/l.

2.3 Avanzamenti in condizioni particolari: mineralizzazioni radioattive

2.3.1 Uranio

Si adotterà la seguente procedura:

- rilievo geologico e mineralogico del fronte di scavo eseguito da parte di un geologo abilitato anche con impiego di contatore geiger portatile e lampade a fluorescenza, in modo da individuare alla sorgente eventuali mineralizzazioni;
- rilievo delle polveri in galleria (con utilizzo della medesima procedura descritta nel caso di scavo all'interno di ammassi contenenti mineralizzazioni di amianto);
- Installazione di un impianto fisso di monitoraggio costituito da sensori (geiger continuo) collegati al sistema di acquisizione dati con la possibilità di generare segnali di attenzione/allarme; in posizioni significative: dietro la testa di scavo e sul back-up nel caso TBM o in prossimità del fronte (caso convenzionale), sul nastro trasportatore del marino;
- posizionamento di due schermi acqua nebulizzata aventi la finalità di separare 3 zone di lavoro (A, zona di scavo; B, zona di transizione, C, zona protetta): installati sulla TBM (da predisporre subito e da mettere in funzione se il caso) o lungo la galleria (convenzionale);
- posizionamento di un impianto ad acqua per mantenere bagnato il marino inquinato sul nastro trasportatore;
- possibilità di sviamento dello scarico del nastro su un percorso differenziato in piazzale, in modo da stoccare lo smarino inquinato in sede separata per successivi trattamenti;
- posizionamento di un impianto ad acqua per mantenere bagnato il marino inquinato stoccato all'esterno del cantiere;
- misure di radiazioni ionizzanti e dosimetria personale per tutti gli addetti ai lavori che operano in galleria, direttamente collegato alla presenza di livelli mineralizzati di questo tipo;
- rilievo delle polveri in superficie;
- inertizzazione del marino inquinato secondo specifiche procedure da prevedersi in funzione del tipo e grado di inquinamento, con destinazione dello stoccaggio finale a discarica speciale.

2.3.2 Radon

Al fine di determinare la presenza di radon dovranno essere effettuate misure in prossimità del fronte ed in corrispondenza di condotto di aspirazione dell'aria. Tali misure andranno eseguite periodicamente nell'ambito degli ammassi potenzialmente interessati da radon. Nel caso di superamento del limite di 400 Becquerel dovranno essere attuati tutti gli interventi atti a ridurre l'esposizione al più basso livello tecnicamente possibile.

In funzione del potenziale rinvenimento radon, sarà necessario prevedere che l'impianto di trattamento delle acque (posizionato in ciascun cantiere industriale a servizio delle gallerie) comprenda una vasca di gorgogliamento per la dispersione del gas; dovrà inoltre essere previsto il campionamento delle acque in

ingresso e in uscita dall'impianto medesimo, il campionamento dei fanghi conseguenti al trattamento; eventuali procedure di smaltimento dei fanghi e loro conferimento a discarica se inquinati (previa inertizzazione).

2.4 Ripristini

Per tutte le opere di tipo provvisoria sia sotterranee che realizzate a partire dalla superficie esterna (cunicoli e pozzi di servizio), strumentali alla realizzazione di interventi speciali (consolidamenti, iniezioni) la cui vita utile sia pertanto limitata al periodo di esecuzione dei lavori, è fatto obbligo all'Appaltatore -salvo diversa prescrizione di progetto o indicata dalla Direzione dei Lavori - il ripristino finale di dette opere mediante loro completo intasamento con calcestruzzo magro o materiale inerte lapideo opportunamente compattato; le conseguenti attività risultano compensate con i relativi articoli di elenco prezzi.

Per le caratteristiche del calcestruzzo magro da utilizzarsi per i riempimenti si veda la Sezione "Opere in conglomerato cementizio" del presente CSA.

Prima di procedere all'intasamento, l'Appaltatore dovrà provvedere alla pulizia ed alla regolarizzazione della platea del cunicolo o del fondo del pozzo.

L'intasamento di cunicoli orizzontali o suborizzontali verrà eseguito per tratti successivi a partire dal fondo del cunicolo, previa realizzazione di idonea cassetta. L'ultima cassetta, impostata all'innesto del cunicolo sul pozzo, dovrà essere opportunamente sagomata in modo tale che la faccia a vista del risultante getto di calcestruzzo magro si conformi geometricamente alla parete del pozzo. L'introduzione del calcestruzzo magro all'interno di ciascun tratto di getto avverrà con l'ausilio di pompe (con l'esclusione di pompe ad aria compressa) e di tubi di immissione attraverso una finestra realizzata nella parte sommitale della cassetta, di forma e dimensioni sufficienti al passaggio dei tubi stessi; il tubo di immissione dovrà essere inserito fino a raggiungere il fondo della camera di getto; il getto avverrà a partire dal basso (platea del cunicolo) mantenendo in immersione la bocca del tubo e garantendo lo sfio dell'aria.

Qualora il riempimento venga eseguito con impiego di materiale inerte lapideo, per le caratteristiche dei materiali impiegati e per le modalità della loro posa in opera si faccia riferimento a quanto riportato nella Sezione "Movimenti di terra" del presente CSA; la massima dimensione dei frammenti lapidei non dovrà comunque eccedere 30 (trenta) centimetri.

3. MATERIALI E MEZZI

3.1 Preconsolidamenti e presostegni

Si rimanda alle prescrizioni riportate nelle Sezioni: "Pali e micropali"; "Ancoraggi" e "Consolidamenti" del presente CSA.

3.2 Sostegni

3.2.1 Conglomerato cementizio proiettato

Si rimanda alle prescrizioni riportate nella Sezione "Opere in conglomerato cementizio", del presente CSA.

3.2.2 Centine e blindatura metalliche

Le centine, sia in acciaio profilato sia reticolari, e le blindature in acciaio dovranno avere caratteristiche geometriche, meccaniche ed interasse di messa in opera conformi alle sezioni tipo del progetto previste per le varie tratte o a quanto ordinato dalla Direzione Lavori.

Le centine e/o le blindature in acciaio dovranno essere sagomate e collegate nei punti di giunzione tramite piastre saldate e bullonate, essere dotate di elementi di unione, distanziatori, piastre di base, collegamenti e quanto altro occorrente per assicurare una perfetta continuità strutturale.

Quando sono presenti giunzioni bullonate, dovrà essere curato il perfetto collegamento tra le piastre ed il serraggio di tutti i bulloni.

Dovrà essere particolarmente curato il dimensionamento della piastra di appoggio al piede, l'allettamento e la stabilità della superficie d'appoggio e l'aderenza delle centine alla superficie di scavo.

Tutte le centine dovranno essere attrezzate con attacchi per il montaggio dei distanziatori posti ad interasse non superiore ad 1 m.

Qualora venisse adottata un'armatura centinata reticolare costituita da barre in acciaio elettrosaldate o tralicciate, queste dovranno essere opportunamente sagomate e collegate tra loro mediante distanziatori in acciaio saldati alle barre.

Le centine in acciaio profilato dovranno essere in acciaio di tipo S275 o superiore;

Le centine in acciaio reticolare dovranno essere costituite, qualora non indicato diversamente nel progetto, da barre d'acciaio del tipo B 450 C o superiore.

Le lamiere dovranno essere in acciaio di qualità non inferiore al tipo S275, in accordo con la normativa di riferimento.

I bulloni dovranno essere di classe indicata in normativa di riferimento.

Centine tipo TH

Le centine di tipo "TH" non sono previste progettualmente; si riportano nel seguito alcune indicazioni qualora il loro uso si rendesse necessario.

Le centine TH dovranno essere installate senza serrare gli elementi di giunzione, per consentire lo scorrimento di una parte della centina stessa sulla parte adiacente, allo scopo di assecondare le deformazioni del cavo fino ai valori attesi. Le centine verranno montate nel cosiddetto "modo inverso", cioè con la concavità verso l'interno della galleria, per accogliere meglio l'eventuale strato di calcestruzzo proiettato.

Le centine tipo TH dovranno essere in acciaio del tipo S355 o superiore.

3.2.3 Ancoraggi

Si rimanda alle prescrizioni riportate nella Sezione "Ancoraggi" del presente CSA.

3.3 Impermeabilizzazione

Si rimanda alle prescrizioni riportate nella Sezione "Impermeabilizzazione" del presente CSA.

3.4 Rivestimenti

Le prescrizioni di seguito riportate si intendono integrative a quelle contenute nella Sezione "Opere in conglomerato cementizio" del presente CSA.

3.4.1 Casseforme

Le casseforme devono essere soggette all'approvazione della Direzione Lavori all'inizio dei lavori. E', inoltre, onere dell'Appaltatore mantenere in buono stato di efficienza manutenzione l'attrezzatura di getto ed il cassero. La Direzione Lavori, a seguito di verifiche periodiche potrà richiedere la sostituzione degli elementi che non riterrà più idonei a garantire gli standard di qualità richiesti.

In ogni caso, qualunque modifica al sistema di getto o alle casseforme deve essere preventivamente sottoposta all'approvazione della Direzione Lavori.

Per i getti del rivestimento di calotta dovranno essere impiegate casseforme metalliche montate su carro portaforme, munite di sistema di movimentazione autonoma. La rimozione della cassatura potrà avvenire solo dopo il raggiungimento della resistenza minima del calcestruzzo indicata negli elaborati di progetto o prescritta dal Direzione Lavori

La struttura dovrà essere opportunamente irrigidita e controventata, dimensionata per non subire deformazioni sotto il carico del conglomerato cementizio qualunque sia la sua consistenza.

La superficie a contatto con il conglomerato cementizio dovrà assicurare ai getti una rifinitura perfettamente regolare e conforme al profilo di progetto.

Il cassero per il getto della calotta deve essere provvisto di adeguate bocchette di ispezione e di manicotti per il pompaggio del calcestruzzo ad altezze intermedie.

Il cassero deve essere attrezzato con almeno un vibratore a parete ogni 4 m².

Le smorze potranno essere anche in legno e dovranno essere rimosse a maturazione avvenuta prima del getto del concio successivo.

Le casseforme a sostegno del getto del rivestimento non dovranno interferire con i sostegni dello scavo.

3.5 Lavori di finitura

I manufatti prefabbricati quali canalette portacavi, pozzetti, lastre di copertura, etc. dovranno provenire da fornitore qualificato e notificato alla Direzione Lavori e dovranno subire i controlli in accettazione prestabiliti

dalla specifica di qualificazione per gli elementi in cls prefabbricati o vibrocompressi non strutturali così come specificato nella sezione "Opere in conglomerato cementizio" del presente CSA.

Eventuali ripristini delle superfici del calcestruzzo conseguenti da danneggiamenti o dovuti all'adattamento di vani, nicchie, fori etc., dovranno essere eseguiti previa definizione di una procedura di intervento che definisca le modalità di impiego e le caratteristiche dei materiali da utilizzare (malte, resine, intonaci, etc.).

Le tratte di opere sotterranee interessate da segnaletica dovranno essere accuratamente pulite, previa lavatura e raschiatura, prima dell'applicazione delle vernici.

Le malte per ripristini, inghisaggi, allettamenti etc. dovranno essere confezionate con i materiali e le modalità prescritti nella Sezione "Opere in conglomerato cementizio" del presente CSA.

4. MODALITÀ ESECUTIVE

4.1 Preconsolidamenti e presostegni

Relativamente alle modalità esecutive dei preconsolidamenti e dei presostegni si rimanda alle sottoelencate sezioni del presente CSA:

- ❖ iniezioni – Sezione "Consolidamenti"
- ❖ jet grouting – Sezione "Consolidamenti"
- ❖ tiranti, bulloni e chiodi - Sezione "Ancoraggi"

4.1.1 Criteri generali

Per quanto applicabili, nell'esecuzione degli scavi dovranno essere rispettate tutte le prescrizioni di cui alla Sezione "Movimenti di terra" del presente CSA.

4.1.2 Riempimento dei vuoti

E' onere dell'Appaltatore provvedere al riempimento di vuoti e cavità che si rinvenissero in fase di scavo all'estradosso del profilo di scavo stesso come pure di tutti quelli che si siano verificati dopo l'inizio dei lavori, salvo che, ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, possano essere ascrivibili ad eventi di forza maggiore.

Fermo restando quanto specificato al capitolo precedente relativamente al contatto centine terreno, le modalità di riempimento e le caratteristiche dei calcestruzzi o delle miscele da utilizzare devono essere proposte dall'Appaltatore e approvate dalla Direzione Lavori. In questa fase l'Appaltatore dovrà anche specificare se, compatibilmente con le prescrizioni di progetto, il riempimento sia da eseguire prima, dopo o contestualmente all'esecuzione del rivestimento definitivo.

Non è ammesso il riempimento dei vuoti o delle cavità contestualmente al getto del rivestimento definitivo quando il loro spessore possa comportare un significativo incremento dei carichi sulle opere di casseraura o si configuri un elevato indice di dissimetria nel rivestimento definitivo. Nel caso in cui i vuoti o le cavità presentassero rischi di aggravio dei carichi o di una dissimetrica distribuzione degli stessi, a giudizio della Direzione Lavori, il progetto di riempimento dovrà essere proposto dall'Appaltatore e da questo sottoposto all'approvazione del Direzione Lavori, oppure, nell'ipotesi di sovrascavo per cause di forza maggiore, direttamente predisposto dal progettista e dovrà contenere la verifica statica del rivestimento definitivo e l'eventuale adeguamento del progetto in funzione della differente condizione di carico cui il rivestimento sarà soggetto.

I progetti di riempimento dovranno, in ogni caso, rispettare le seguenti prescrizioni:

- in primo luogo, dovrà essere eseguito un riempimento parziale con miscele cementizie, pompate e additate con fluidificanti per favorire il perfetto spandimento della miscela e il riempimento di vuoti anche di piccole dimensioni;
- successivamente sarà eseguito il riempimento di intasamento tramite perforazioni e iniezioni in pressione di miscele cementizie a ritiro compensato. Le iniezioni dovranno essere continuate, per qualsiasi assorbimento, se non altrimenti disposto dal progettista, fino a ottenere il completo rifiuto del foro.

Durante l'immissione di miscela dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti e le attrezzature necessari (valvole di iniezione, packers, otturatori a boccaforo, tubi e/o perforazioni di sfiato, ecc.) per assicurare il completo riempimento delle cavità e dei fori di iniezione.

La composizione della miscela (tipo e classe del cemento, rapporto a/c, dimensione degli aggregati, consistenza o fluidità) e le modalità esecutive (geometria dello schema di intervento, parametri di portata e pressione) da adottare per il riempimento dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori. Le iniezioni cementizie a tergo del priverivestimento per l'eliminazione di eventuali vuoti tra il priverivestimento e il terreno, di norma, devono essere eseguite prima della posa del manto di impermeabilizzazione. In alternativa, le iniezioni di intasamento potranno essere eseguite successivamente alla posa del manto attraverso adeguate condutture appositamente predisposte e, dopo eseguite le iniezioni, dovrà essere data continuità all'impermeabilizzazione in corrispondenza di dette condutture.

Gli oneri del riempimento ricadranno sull'Appaltatore salvo nel caso di sovrascavi maggiori di quelli di progetto dovuti a cause di forza maggiore per differenti ed impreviste caratteristiche del terreno o cavità preesistenti di dimensioni superiori a quelle indicate come possibili dal progetto in quanto caratteristiche della formazione o della zona.

Quando la cavità si sia formata durante lo scavo a seguito di un fornello o di un rilascio connesso a responsabilità dell'Appaltatore, rientreranno tra gli oneri dell'Appaltatore stesso anche il consolidamento del terreno o della roccia nelle aree adiacenti e l'eventuale ripristino superficiale.

4.2 Sostegni

4.2.1 Conglomerato cementizio proiettato

Premettendo che in merito alle modalità esecutive per la posa del conglomerato cementizio proiettato valgono le prescrizioni indicate nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente CSA, di seguito sono riportate le prescrizioni che hanno specifica attinenza alle opere in sotterraneo.

- a) La proiezione del conglomerato cementizio deve essere effettuata tempestivamente secondo quanto indicato dal progettista per ottenere la massima efficacia nel controllo delle deformazioni delle pareti di scavo.
- b) Quando sia previsto l'impiego di rete metallica elettrosaldata, questa, di norma, deve essere posta in opera su un primo strato di conglomerato cementizio, dello spessore di qualche centimetro, lanciato a pressione direttamente sulle pareti di scavo. Successivamente verrà eseguito il completamento dello strato di conglomerato cementizio, sino al raggiungimento dello spessore previsto.
- c) Ogni scavo deve essere provvisto di sostegni provvisori da mettersi in opera di pari passo con l'avanzamento, salvo che lo sfondo sia stato eseguito in terreni che non presentino sicuramente pericoli di franamento o di caduta di materiali, è fatto obbligo proiettare uno strato provvisorio di almeno 5 cm di betoncino sul tratto di scavo non armato. Tale operazione dovrà essere eseguita immediatamente dopo le operazioni di disaggio meccanico che seguono ogni sfondo e comunque prima di accedere con personale nell'area assoggettata al nuovo sfondo.

4.2.2 Centine e blindature metalliche

Salvo diverse prescrizioni di progetto, le centine devono essere montate in posizione verticale (gallerie) od orizzontale (pozzi) collegandole alle centine adiacenti con la frequenza indicata nel progetto; questa dovrà essere integrata, a cura dell'Appaltatore o secondo le indicazioni della Direzione Lavori, per mantenere il cavo in sicurezza in tutte le condizioni in cui ciò si dovesse rendere necessario.

Inoltre, per le gallerie, al fine di assicurare l'appoggio e la messa in carico della centina dovranno essere particolarmente curati la realizzazione ed il posizionamento della piastra di appoggio al piede, l'allettamento e la stabilità della superficie d'appoggio e l'aderenza di tutto il profilo di estradosso della centina alla superficie di scavo.

Qualora le centine metalliche sottendano un'armatura tronco-conica costituita da infilaggi metallici o trattamenti colonnari, armati o meno, esse dovranno essere posizionate a contatto delle armature e pertanto dovranno essere calandrate a profilo variabile, per assicurare con continuità il contatto tra estradosso centine e profilo di scavo e quindi una adeguata trasmissione dei carichi.

Eventuali vuoti presenti a tergo delle centine dovranno essere riempiti con calcestruzzo proiettato, con idonei spessori o cunei di calcestruzzo di acciaio o di altro materiale idoneo e non degradabile, o con l'eventuale gonfiaggio di elementi tubolari in tessuto-no-tessuto (tipo "Bullflex") appositamente predisposti al fine di garantire la completa aderenza delle centine stesse all'intradosso di scavo. La posa in opera di ciascuna centina, singola od accoppiata, dovrà avvenire ad una distanza massima dal fronte di avanzamento pari a 0.5 m oltre l'interasse previsto tra le centine stesse.

Le centine costituite da profilati metallici dovranno essere posizionate all'esterno del rivestimento definitivo. In merito si precisa che prima della posa in opera del calcestruzzo proiettato dovrà sempre essere verificato il corretto montaggio delle centine.

Quando lo spessore di eventuali vuoti a tergo delle centine supera i 20 cm e la loro estensione è tale da interessare più di una centina, la Direzione Lavori può richiedere che l'Appaltatore, dopo la messa in sicurezza del cavo predisponga, all'estradosso delle centine stesse, un cassero a perdere a delimitazione delle cavità per poi procedere al successivo intasamento mediante tubi predisposti. Si veda il paragrafo "Riempimento dei vuoti" della presente Sezione di CSA per la definizione delle procedure da seguire in questi casi.

4.2.3 Ancoraggi

Premettendo che in merito alle modalità esecutive per la posa degli ancoraggi valgono le prescrizioni indicate nella Sezione "Ancoraggi" del presente CSA, di evidenza che gli ancoraggi, di qualsiasi tipo, dovranno essere sempre realizzati ad una distanza dal fronte non superiore a quella indicata dal progetto.

4.3 Impermeabilizzazione

Si rimanda alle prescrizioni riportate nella Sezione "Impermeabilizzazioni" del presente CSA.

4.4 Rivestimenti

Le prescrizioni di seguito riportate si intendono integrative a quelle contenute nella Sezione "Opere in conglomerato cementizio" del presente CSA.

A queste ultime si rimanda, quindi, per tutti gli aspetti non trattati nel seguito ed in particolare per ciò che riguarda le caratteristiche delle miscele in funzione dell'aggressività dell'ambiente e le problematiche connesse con i getti massivi e con i tempi di maturazione.

4.4.1 Armatura

Valgono le prescrizioni riportate nella Sezione "Opere in conglomerato cementizio" del presente CSA.

4.4.2 Getto dei rivestimenti definitivi

4.4.2.1 Verifiche e operazioni preliminari arco rovescio

Prima della posa delle armature e del getto di rivestimento l'Appaltatore dovrà procedere alla preparazione e alla pulizia delle superfici con le quali il rivestimento dovrà venire a contatto ed alla irregimentazione di tutte le venute d'acqua.

Dovrà inoltre redigere, in contraddittorio con la Direzione Lavori, un verbale che riporti la verifica dello spessore del getto e la verifica delle armature, se previste, o comunque dovrà ricevere l'autorizzazione della Direzione Lavori prima di dare avvio al getto.

Se la sezione è armata, la verifica deve essere eseguita prima della applicazione dell'armatura.

Dopo il posizionamento del cassero dovranno essere inoltre verificate le misure di spessore in corrispondenza delle sue estremità ed in corrispondenza delle bocchette di ispezione.

La verifica delle armature sarà eseguita secondo le indicazioni riportate nella Sezione "Opere in conglomerato cementizio" del presente CSA.

Nell'esecuzione del getto dell'arco rovescio si dovrà garantire che:

- le superfici di contatto con i piedritti siano poste su piani radiali rispetto all'asse della galleria;
- venga assicurata, se prevista, la continuità strutturale con i piedritti stessi secondo le prescrizioni indicate nel seguito.

Quando l'arco rovescio non è armato, il getto può essere eseguito sul materiale in posto verificando, però, che sia stato asportato tutto il materiale mosso.

Fatto salvo quanto prescritto per il caso in cui sia prevista l'impermeabilizzazione in arco rovescio, prima del getto l'Appaltatore dovrà procedere, a suo onere, alla rimozione del materiale smosso ed al getto di un piano di posa e di lavoro costituito da uno strato di magrone di spessore non inferiore a 10 cm.

La presenza di questo strato non deve comportare alcuna riduzione dello spessore dell'arco rovescio; per la sua realizzazione è quindi necessario provvedere preliminarmente all'esecuzione di una adeguata sezione di scavo. Eventuali maggiori sovrascavi dovranno essere riempiti con magrone.

Salvo diversa prescrizione del progetto o della Direzione Lavori, il getto dell'arco rovescio dovrà avvenire in anticipo a quello dei piedritti/calotta e comprendere la muretta.

I giunti tra elementi successivi di calotta, muretta e arco rovescio devono essere sfalsati a quinconce salvo diverse prescrizioni progettuali.

4.4.2.2 Getto dell'arco rovescio

Quando previsto dal progetto o richiesto dalla Direzione Lavori, il getto dell'arco rovescio deve avvenire entro apposite casseforme che conferiscano al calcestruzzo la forma geometrica prevista dal progetto. Sulla cassaforma dovranno essere predisposti appositi fori di sfiato in numero tale da evitare il formarsi di bolle d'aria all'interno del calcestruzzo. Il calcestruzzo, inoltre, deve essere sempre vibrato.

Quando, in accordo alle prescrizioni del progetto, l'arco rovescio viene realizzato successivamente alle murette, le operazioni di getto devono essere eseguite in modo da realizzare una perfetta continuità strutturale tra i due elementi.

Ciò può eventualmente essere ottenuto utilizzando uno dei seguenti sistemi, a discrezione della Direzione Lavori:

- lasciando aperte al contatto muretta - arco rovescio delle serraglie con cassero estraibile della larghezza non inferiore a 30cm da riempire almeno 24 ore dopo il getto dell'arco rovescio;
- realizzando l'arco rovescio con un getto a superficie orizzontale la cui quota deve essere superiore a quella dell'intradosso della superficie di contatto muretta - arco rovescio in modo da evitare la realizzazione di riprese a sezione triangolare che devono essere sempre evitate.
- realizzando l'arco rovescio attraverso un getto casserato e prendendo adeguati provvedimenti, che devono essere comunque approvati dalla Direzione Lavori, per garantire il contatto tra i due elementi strutturali.

Il calcestruzzo, in corrispondenza di tutti i giunti di costruzione deve essere sagomato in modo da disporsi su di un piano radiale rispetto all'asse galleria.

Per i getti da eseguirsi in presenza d'acqua, l'Appaltatore dovrà provvedere a sue spese ad attuare idonei sistemi di smaltimento così come descritto nei paragrafi precedenti.

Il transito dei mezzi sull'arco rovescio e sul riempimento potrà essere autorizzato quando la resistenza a compressione del conglomerato cementizio sarà adeguato a sopportare il carico dei mezzi, in funzione dello spessore e della qualità del sovrastante rilevato, della tipologia dei mezzi, del modulo di sottofondo e della geometria della struttura. La resistenza minima sarà a discrezione della Direzione Lavori su facoltà di proposta dell'Appaltatore. Qualora, per esigenze connesse con lo sviluppo dei lavori, non fosse possibile sospendere il transito dei mezzi per il tempo necessario a raggiungere la prescritta resistenza l'Appaltatore dovrà provvedere all'installazione di opportune strutture che consentano ai mezzi di scavalcare i getti dell'arco rovescio appena conclusi senza danneggiare la maturazione del calcestruzzo.

4.4.2.3 Verifiche e operazioni preliminari piedritti/calotta

A meno che non sia diversamente ordinato dalla Direzione Lavori, il rivestimento potrà essere gettato solo quando il gradiente deformativo delle convergenze, sia sotto il limite fissato dal progetto.

Prima del getto e della posa delle armature l'Appaltatore dovrà procedere alla preparazione ed alla pulizia delle superfici con le quali il rivestimento dovrà venire a contatto ed alla irragimentazione di tutte le venute d'acqua.

Dovrà inoltre redigere, in contraddittorio con la Direzione Lavori, un verbale che riporti la verifica dello spessore del getto e la verifica delle armature, se previste.

La verifica dello spessore del getto deve essere eseguita con sistemi ottici o facendo transitare per il tratto in cui sarà gettato il concio una dima metallica i cui profili di intradosso e di estradosso seguano i corrispondenti profili di progetto del rivestimento definitivo.

La dima può essere attrezzata con aste estensibili regolabili in modo da ricostruire il profilo di estradosso del rivestimento al variare del suo spessore.

Se la sezione è armata, la verifica deve essere eseguita prima della applicazione dell'armatura.

Per ciò che riguarda la calotta, si prescrive che il volume del calcestruzzo da gettare venga determinato attraverso misurazioni in campo e non sulla base della sezione teorica della galleria.

Dopo il posizionamento del cassero dovranno essere inoltre eseguite misure di spessore in corrispondenza delle sue estremità ed in corrispondenza delle bocchette di ispezione.

La verifica delle armature sarà eseguita secondo le indicazioni riportate nella Sezione "Opere in conglomerato cementizio" del presente CSA.

4.4.2.4 Getto di piedritti e calotta

Il conglomerato cementizio per il rivestimento totale o parziale delle opere in sotterraneo, eventualmente armato, dovrà essere gettato e vibrato in opera secondo le modalità stabilite dal progetto. Tutti i rivestimenti in conglomerato cementizio dovranno essere eseguiti mediante pompa con esclusione dell'impiego di pompe ad aria compressa.

Il getto del conglomerato cementizio nelle casseforme dovrà avvenire in maniera simmetrica sui due lati onde evitare qualsiasi deformazione all'apparato di centinatura cassaforma in strati non superiori a 50 cm, per mezzo di tubi muniti all'estremità di appositi elementi retraibili in modo da permettere l'adduzione del conglomerato a bocca sommersa.

Il getto dovrà avvenire senza soluzione di continuità, rialzando gradualmente le bocche del tubo adduttore utilizzando i manicotti predisposti nella cassaforma, fino alla zona del calottino.

Il conglomerato cementizio, durante le prime fasi del getto dovrà essere vibrato sia con vibrator a parete che con vibrator a immersione attraverso apposite finestre lasciate nei pannelli delle casseforme. Nelle fasi conclusive, quando il getto raggiunge la chiave di calotta, non essendo possibile l'impiego di vibrator ad immersione, dovranno essere utilizzati vibrator a parete.

Le centine costituite da profilati di ferro a doppio T non dovranno essere incorporate nello spessore del rivestimento in conglomerato cementizio.

All'atto dell'esecuzione del rivestimento si dovrà procedere al completo recupero delle eventuali armature provvisorie in legno.

Ciascun concio del rivestimento dovrà essere gettato durante una ininterrotta fase di lavoro con un intervallo massimo di 45 minuti tra un getto ed il successivo. Nel caso di interruzioni forzate od accidentali, dovute a guasti o ad altra causa, le superfici dei getti prima della ripresa, dovranno essere riportate su piani radiali e simmetrici rispetto all'asse della galleria.

Dopo lo scassero, la superficie finita del calcestruzzo dovrà essere esente da qualsiasi danno o difetto.

In particolare, per l'accettazione del concio, le superfici dovranno essere prive di vespai e di irregolarità nelle riprese di getto in quanto origine di possibile innesco di lesioni specie in zone caratterizzate da incremento dei carichi nel tempo. Non è ammessa tolleranza sui valori di progetto delle microfessurazioni per i rivestimenti armati.

La superficie del concio dovrà inoltre essere regolare e con profilatura secondo progetto.

Nessun ripristino o stuccatura potrà essere eseguito dopo il disarmo del concio senza il preventivo controllo della Direzione Lavori, che dovrà autorizzare i materiali e la metodologia, proposti dall'Appaltatore, da utilizzare per l'intervento. A seguito di tali interventi, la Direzione Lavori potrà richiedere, per motivi estetici, la ripulitura o la verniciatura con idonei prodotti delle superfici del concio.

4.4.3 Rivestimento definitivo in calcestruzzo proiettato

Quando esplicitamente previsto dal progetto, il rivestimento definitivo può essere realizzato con calcestruzzo proiettato.

Per le prescrizioni esecutive si rimanda alla Sezione "Opere in conglomerato cementizio" del presente CSA sottolineando che, anche in questo caso, particolare attenzione dovrà essere posta alle prescrizioni relative alla "durabilità" del calcestruzzo.

5. CONTROLLI DI QUALITÀ

5.1 Aspetti generali

L'Appaltatore dovrà redigere - e sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori almeno 30 giorni prima del previsto inizio della lavorazione - il documento; "Piano di qualità di costruzione ed installazione (PQCI) – Opere in sotterraneo". Il PQCI sarà redatto sulla base dell'indice generale e relativi contenuti indicati nell'Allegato 1- del presente CSA.

Le prove ed i controlli sono a carico dell'Appaltatore e saranno eseguiti in conformità al Piano dei Controlli.

Di seguito si forniscono le specifiche che l'Appaltatore dovrà osservare nella esecuzione dei controlli del proprio operato; si precisa che l'Appaltatore resta comunque responsabile della qualità del prodotto finale che sarà accettato solo ove rispondente ai seguenti criteri:

- rispondenza ai criteri di tolleranza specificati in progetto;

- rispondenza del calcestruzzo alle caratteristiche di progetto ed alle relative specifiche riportate nella Sezione "Opere in conglomerato cementizio" del presente CSA;
 - assenza di difetti, evidenziati dall'autocontrollo dell'Appaltatore, o rilevati dalla Direzione Lavori, o rilevati dalle prove eseguite, od emersi in fase di scavo.
- a) Prima di cominciare gli scavi in sotterraneo l'Appaltatore dovrà inviare alla Direzione Lavori gli elaborati di dettaglio del progetto esecutivo che dovranno includere anche:
- la dettagliata descrizione dei metodi, delle fasi e delle sequenze di scavo che verranno adottate per ciascuna sezione tipo prevista nel progetto;
 - l'organizzazione dei cantieri di lavoro, le misure di sicurezza;
 - la pianificazione delle prove da effettuare in corso d'opera.
- b) L'Appaltatore dovrà ispezionare mensilmente in contraddittorio con 1a Direzione Lavori, tutte le opere in sotterraneo già realizzate, al fine di individuare tracce di umidità, stillicidi o venute d'acqua, lesioni o segni di instabilità nei sostegni e/o nei rivestimenti e i conseguenti provvedimenti da adottare. Ciascun sopralluogo dovrà essere verbalizzato e sottoscritto dalle parti.
- c) Ogni qualvolta l'avanzamento al fronte venga sospeso, anche per un giorno, l'Appaltatore dovrà assicurarsi che la posa di tutti i sostegni previsti nel progetto sia stata completata fino al fronte e che quest'ultimo sia stato protetto secondo quanto previsto nel progetto.

5.2 Preconsolidamenti e presostegni

Si rimanda a quanto previsto nei capitoli "Controlli di qualità" delle Sezioni: "Consolidamenti", "Ancoraggi", "Pali e Micropali" del presente CSA.

5.3 Scavi

La determinazione del comportamento del cavo a seguito degli scavi dovrà essere effettuata in accordo a quanto previsto nel progetto di monitoraggio in corso d'opera di cui alla Sezione "Monitoraggi" del presente CSA, nonché di quanto verrà dettagliato dall'Appaltatore nel Piano di Qualità di Costruzione ed Installazione - Opere in Sotterraneo (con particolare riferimento al Capitolo: "Piano dei Controlli").

5.3.1 Rilievi dei fronti di scavo

Il controllo delle caratteristiche del terreno dovrà essere eseguito in fase di inizio dei lavori per il fronte di scavo, con prove certificate presso laboratori qualificati, e dovrà essere ripetuto in corso d'opera con le seguenti modalità e con la frequenza prevista dal Piano di Qualità della lavorazione approvato.

- a) per via speditiva, attraverso osservazioni e misure al fronte riportate su specifiche "Schede di controllo".
- b) per via analitica, ovvero attraverso osservazioni, misure al fronte nonché prelievo di campioni ed esecuzione di prove presso laboratori qualificati dall'Appaltatore ed approvati dalla Direzione Lavori.

Questa seconda tipologia di prove è richiesta:

- ogni volta che l'esame per via speditiva non sia possibile o comunque comporti dubbi o possibilità di errori di classificazione,
- di norma ogni 150 metri di avanzamento del fronte dello scavo
- ogni volta che si verifichi un cambiamento litologico del fronte.

Nel caso in cui i controlli e le prove diano risultati diversi da quelli riscontrati in sede di previsione di comportamento delle gallerie, effettuati prima dell'inizio delle opere, l'Appaltatore deve:

- informare immediatamente la Direzione Lavori,
- ripetere le procedure previste per l'inizio dei lavori, coinvolgendo il progettista e la Direzione Lavori.
- recepire gli adeguamenti delle metodologie di scavo alle situazioni incontrate secondo le indicazioni progettuali e previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Tutto quanto sopra deve essere registrato nei PQCI e documentato con la prescritta documentazione da allegare allo stesso.

5.3.2 Rilievo delle convergenze

La misura delle convergenze deve essere eseguita con le modalità e le frequenze indicate nel progetto dei monitoraggi.

5.3.3 Monitoraggio deformazioni del terreno

L'Appaltatore, prima dell'inizio dei lavori e con le cadenze prescritte per l'installazione delle stazioni di monitoraggio deve:

- controllare che le stazioni di controllo speciale e l'altra strumentazione richiesta dal progettista siano installate e funzionanti;
- controllare che la taratura degli strumenti sia quella corretta e certificarla;
- verificare che le misure da effettuate siano state programmate con le cadenze prescritte dal progetto;
- verificare che gli addetti alle letture siano in grado di interpretare correttamente le misurazioni degli strumenti e mantenerli secondo la necessità;

5.3.4 Scavo in presenza d'acqua

Nel caso di scavi in presenza d'acqua l'Appaltatore dovrà redigere un rapporto giornaliero di constatazione con la Direzione Lavori, nel quale riportare:

- la quantità di acqua edotta (l/sec);
- la temperatura;
- la progressiva di avanzamento del fronte;
- estremi dell'eventuale prelievo per la determinazione delle caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua;

Si precisa che gli esiti delle analisi per la determinazione delle caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua dovranno essere tempestivamente comunicati alla Direzione Lavori.

5.3.5 Scavo con esplosivo

Questa modalità di scavo non è contemplata nell'ambito dei lavori in progetto oggetto del presente CSA - Parte B.

Si riportano in ogni caso a titolo informativo le specifiche generali relative a questa tecnica qualora si rivelasse necessario nel corso dei lavori ricorrere a questa tecnica.

Preventivamente all'inizio della lavorazione l'Appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori un elaborato con gli schemi di volata previsti per ciascuna sezione tipo e per ciascuna fase di abbattimento nel quale vengano descritti:

- metodo di perforazione, diametro dei fori, lunghezza e inclinazione di ciascun foro;
- tipo, energia, quantità in termini di massa e numero di cartucce dell'esplosivo inserito in ciascun foro, complessivo per ciascun tempo di ritardo e complessivo nella volata;
- distribuzione della carica nel foro e sequenza di caricamento tipo, sequenza e numero dei ritardi, schema dei collegamenti elettrici per gli inneschi con le caratteristiche delle linee elettriche, tipo dell'apparecchiatura di innesco;
- intasamento dei fori e protezione della zona di sparo;
- la qualificazione, adeguatamente dimostrata e certificata, di tutti gli addetti alle operazioni di caricamento, collegamento, innesco e sparo della volata.

5.4 Riempimenti ed iniezioni di intasamento

I controlli sui materiali riguarderanno:

- Miscele di malta cementizia - rispondenza della composizione alle prescrizioni progettuali, qualifica del cemento utilizzato (presenza del certificato).
- Conglomerato cementizio - in accordo a quanto riportato nella Sezione "Opere in conglomerato cementizio" del presente CSA

I controlli in corso d'opera riguardano le attività seguenti.

- Geometria e dimensione dei fori di riempimento e/o iniezione di intasamento rispetto a quanto previsto in progetto;
- Caratteristiche delle malte di riempimento e/o iniezione di intasamento (con particolare riferimento al dosaggio del cemento nella miscela, ed alla presenza degli additivi previsti). Questo controllo avverrà per ogni partita di miscela cementizia preparata.
- Volumi e pressioni di iniezione per ciascun foro e per ciascuna fase di intervento.

5.5 Sostegni

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà inviare alla Direzione Lavori:

- la descrizione delle caratteristiche tecniche dei materiali costituenti i sostegni, comprendente anche tutte le prescritte certificazioni di controllo e di qualità dei fornitori;
- la descrizione dei metodi di posa di ciascun elemento del sostegno con le relative prescrizioni del fornitore.

Relativamente alle centine e/o alle blindature metalliche, prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà inoltre fornire:

- i dettagli completi di fabbricazione;
- le modalità di installazione ed i relativi schemi;
- i dettagli delle giunzioni, collegamenti, saldature, bullonature, catene, ecc.;
- i certificati di conformità dei materiali.

I controlli da effettuarsi in corso d'opera saranno:

- verifica del corretto dimensionamento e posizionamento in opera dei materiali in accordo al progetto;
- allettamento e stabilità della superficie d'appoggio delle centine;
- sagomatura e giunzione dei profilati costituenti le centine;
- la corretta esecuzione delle giunzioni, riempimenti ;
- aderenza delle centine con la superficie di scavo e costipazione dei vuoti a tergo delle centine mediante intasamento/riempimento;
- verticalità delle centine
- presenza e distribuzione dei collegamenti.

Durante l'esecuzione l'Appaltatore dovrà redigere e mantenere aggiornato giornalmente un registro, a disposizione anche della Direzione Lavori, nel quale indicare:

- tipo, quantità e progressiva dei sostegni installati;
- eventuali anomalie o non-conformità riscontrate;
- controllo del profilo dopo la posa dei sostegni.

Si sottolinea che la presenza di deformazioni o lesioni anomale nei sostegni dovrà essere immediatamente comunicata alla Direzione Lavori.

5.6 Impermeabilizzazione

Si rimanda a quanto previsto nel capitolo "Controlli di qualità" della Sezione "Impermeabilizzazioni" del presente CSA. In particolare, si evidenzia che dovranno essere effettuate le prove descritte nei seguenti paragrafi.

5.6.1 Prove per la verifica delle caratteristiche dei materiali

Ogni 20.000 m² in opera dovranno essere prelevati, almeno 4 m² di geotessile, di membrana impermeabile ed eventualmente degli altri materiali utilizzati, al fine di verificare la conformità delle caratteristiche alle caratteristiche indicate in progetto. In via transitoria nel caso in cui il geotessile e la membrana impermeabile non rechino stampigliate sul bordo ogni 3 metri la sigla del tipo, i prelievi dovranno essere eseguiti ogni 5000 m² in opera.

5.6.2 Prova di verifica delle termosaldature per pressione

Il canale compreso fra le due saldature parallele della giunzione delle membrane in PVC dovrà essere provato mediante immissione di aria in pressione da una estremità, dopo aver proceduto alla occlusione dell'altra estremità. La pressione di prova dovrà essere registrata con idoneo dispositivo dotato di manometro.

Dovrà essere raggiunta la pressione stabilizzata di 200 KPa che verrà mantenuta per un tempo di 10 (dieci) minuti. Il collaudo risulterà favorevole nel caso in cui il valore non subisca una caduta superiore al 20%. Al termine della prova il manometro dovrà essere azzerato procedendo all'apertura dell'occlusione sul lato opposto.

Nel caso che una prova di tenuta della saldatura dia esito negativo e non possa essere ripristinata l'Appaltatore dovrà provvedere a suo carico o alla sostituzione del materiale adiacente alla saldatura o al completo ricoprimento di tutta la saldatura stessa con una banda della larghezza di 15 cm che dovrà essere sottoposta a prova vacuum.

5.6.3 Prova per depressione mediante campana Vacuum

La campana Vacuum dovrà essere posizionata su parte del tratto da controllare i cui contorni verranno visibilmente delimitati.

La depressione dovrà essere portata fino al valore di 20 KPa e rimanere stabile per 5 (cinque) minuti. La prova successiva dovrà sovrapporre la precedente di almeno 20 mm.

In caso di risultato negativo il punto di infiltrazione dovrà essere individuato applicando acqua saponata sulla zona sottoposta a prova.

5.6.4 Prova delle saldature manuali con sondino ricurvo

La prova deve essere eseguita in corrispondenza del perimetro delle giunzioni che sono state realizzate manualmente con l'impiego del dispositivo erogatore di aria calda (riparazioni, raccordi a tubi passanti, ecc.).

La prova si esegue con un apposito sondino (punteruolo con parte terminale della lunghezza di circa 2 cm piegata di 90° e punta arrotondata) il quale viene utilizzato per esercitare manualmente una pressione costante in corrispondenza del cordolino di PVC presente ai margini della giunzione.

L'assenza del cordolino, o la penetrazione del sondino fra i lembi della giunzione, implicano la necessità di procedere al completo ripristino della saldatura.

5.7 Rivestimenti

Tutti i controlli sia sui materiali che in corso d'opera riportati nel seguito integrano quelli previsti nella Sezione "Opere in conglomerato cementizio" del presente CSA.

- deve essere verificata la stabilità dell'assetto plano-altimetrico della galleria; eventuali movimenti relativi di parti della struttura dovranno essere monitorati.
- almeno con passo di 10 m su tutta la lunghezza della galleria, deve essere verificato che il profilo di intradosso del rivestimento definitivo segua il profilo di progetto e non invada in nessun punto la sagoma libera di progetto.
- La Direzione Lavori potrà richiedere a sua discrezione l'esecuzione di carotaggi per verificare l'assenza di sottospessori nel rivestimento. Non è ammessa tolleranza in meno su questo controllo. In caso di esito negativo, la Direzione Lavori potrà richiedere la demolizione del concio interessato, la riprofilatura del profilo di scavo e l'esecuzione di un nuovo getto.
- La Direzione Lavori ha la facoltà di verificare che non vi siano vuoti apprezzabili tra il rivestimento definitivo e quello di prima fase né tra quest'ultimo ed il terreno. Eventuali cavità potranno, a giudizio della Direzione Lavori essere riempite o richiederanno la demolizione del concio come nel punto precedente.
- Deve essere verificato che le misure di convergenza eseguite sul rivestimento definitivo diano risultati compresi entro la tolleranza strumentale.
- Deve essere inoltre verificato che dopo lo scasso la superficie del rivestimento risulti pulita, liscia, esente da vespai, fessure e da qualsiasi altra imperfezione imputabile ad una non corretta esecuzione, che risulti regolare e con profilatura secondo i disegni di progetto.

5.8 Lavori di finitura

Per quanto riguarda la fornitura di materiali si deve controllare che gli stessi siano in accordo all'ordine di fornitura e provenire da fornitori qualificati dall'Appaltatore.

I manufatti prefabbricati quali canalette portacavi, pozzetti, lastre di copertura, etc. dovranno provenire da fornitore qualificato e notificato alla Direzione Lavori e dovranno subire i controlli in accettazione prestabiliti dalla specifica di qualificazione per gli elementi in cls prefabbricati o vibrocompressi non strutturali.

Si dovrà controllare che eventuali ripristini delle superfici del calcestruzzo conseguenti da danneggiamenti o dovuti all'adattamento di vani, nicchie, fori etc., vengano eseguiti previa definizione di una procedura di intervento che definisca le modalità di impiego e le caratteristiche dei materiali da utilizzare (malte, resine, intonaci, etc.).

SEZIONE 18B – GALLERIE SCAVATE CON TBM

1. DEFINIZIONI

Per gallerie realizzate con "Tunnel Boring Machine (TBM) si intendono le opere sotterranee realizzate per mezzo di frese a testa rotante a piena sezione, siano esse di tipo aperto, scudato, a contropressione o meno.

Per il progetto Definitivo della Metropolitana Automatica di Torino – Linea 2 – Tratta: Politecnico–Rebaudengo, si prevede l'utilizzo di TBM scudata con applicazione di pressione di stabilizzazione al fronte; la scelta della specifica TBM (a contropressione di terra, a contropressione con slurry o macchine miste disponibili sul mercato) sarà definito dall'Appaltatore di concerto con la Stazione Appaltante.

Nel seguito di questo documento le varie tipologie di frese verranno genericamente indicate come TBM.

2. PRESCRIZIONI GENERALI

Realizzazione di galleria a foro cieco monocentrica diametro scavo m 10,00, interno conci m 8,80, sp. conci cm 40, con sezione di scavo avente area teorica di mq 78,50 da eseguirsi con l'impiego di macchina fresante scudata del tipo TBM-EPB.

La macchina deve consentire il montaggio entro lo scudo di un rivestimento impermeabile in anelli di calcestruzzo prefabbricati e l'intasamento continuo a pressione del vuoto tra il rivestimento e il contorno di scavo con miscela di adeguate caratteristiche. Deve consentire di effettuare facilmente fori in avanzamento attraverso il mantello dello scudo dalle aperture previste allo scopo per eseguire sondaggi a distruzione di nucleo e a carotaggio continuo, e interventi di consolidamento al contorno del fronte di scavo, attraverso tubi di iniezione.

La misurazione delle gallerie realizzate con TBM ai fini di applicazione delle corrispondenti voci di prezzo è eseguita a metro lineare, a partire dal filo interno dei manufatti posti agli estremi della tratta di scavo (pozzo di partenza e pozzo di arrivo) o dei manufatti attraversati a vuoto (paratie in cemento armato delle stazioni).

La voce di tariffa compensa la macchina fresante scudata da impiegarsi per la realizzazione della galleria, che dovrà comprendere:

- a. la testa fresante, con i suoi organi di azionamento, dotata di un sistema di trasmissione della rotazione e di controllo potenza dei motori in grado di assorbire gli shock generati da un eventuale blocco della rotazione, equipaggiata con i necessari utensili (raschiatori, denti, picchi, dischi) fra loro intercambiabili, idonei allo scavo dei terreni da attraversare, sia per rocce tenere che per rocce tenaci, sia per materiale sciolto; realizzata in modo da consentire la sostituzione degli utensili dal retro; dotata di ugelli per l'iniezione di prodotti (schiume, polimeri, fanghi bentonitici, acqua etc.); fornita di uno o più denti extrascavo (overcutter) a comando idraulico continuo effettuato dalla cabina comando; con possibilità di ruotare in entrambe le direzioni per manutenzione e sbloccaggio della stessa; fornita di barre rimpiazzabili per miscelare il terreno all'interno della camera di scavo; dotata di cuscinetto principale permanentemente lubrificato con sistemi in pressione e trafilatura continua di grasso lubrificante per evitare qualsiasi contaminazione proveniente dall'esterno; con la possibilità di sostituire sia le guarnizioni di tenuta idraulica del suddetto cuscinetto che l'organo medesimo dall'interno della galleria senza ricorrere ad interventi esterni tipo pozzi.
- b. Il mantello per assicurare la stabilità del cavo e il sostegno della testa fresante, predisposto con feritoie sul contorno di calotta per il passaggio delle aste di perforazione per effettuare sondaggi in avanzamento e trattamenti di consolidamento al contorno del fronte di scavo dotato di fori per iniettare liquidi lubrificanti idonei a diminuire l'attrito tra scudo e terreno.
- c. La camera di scavo dotata di un diaframma di tenuta stagna che la separa dal resto della macchina dimensionata per pressioni di almeno 3 bar, dotata di misuratori della pressione delle terre collegati al sistema automatico d'operazione e controllo dello scudo; dotata di ugelli per l'iniezione di prodotti (schiume, polimeri, fanghi bentonitici, acqua etc.) per migliorare le condizioni del terreno, fornita di un certo numero di portelloni per accedere alla camera di scavo per consentire l'ispezione, la manutenzione e gli eventuali interventi di riparazione, equipaggiata con barre fisse per il mescolamento del terreno; munita di passaggi per tubazioni dell'acqua e cavi elettrici, agganci ed alloggiamenti specifici per scale, piattaforme etc.; fornita di punti di collegamento per comunicare all'esterno, punti di collegamento illuminazione, punti per l'approvvigionamento dell'aria compressa ad

- uso industriale, sistema per l'ingresso dell'aria compressa respirabile etc..
- d. La coda del mantello equipaggiata con tre file di guarnizioni a spazzola applicate sul contorno interno e condotti di lubrificazione e iniezione longitudinali integrati nella costruzione; dotata di guarnizioni antiriflusso applicate sul bordo d'uscita per evitare il trafilamento della miscela d'intasamento nella camera di scavo.
 - e. Il sistema di articolazione idraulica attiva installato tra il corpo anteriore ed il corpo centrale dello scudo per consentire l'arretramento del corpo anteriore con la testa e per le eventuali correzioni di rotta.
 - f. L'attrezzatura di spinta (martinetti oleodinamici) agenti sulla struttura di spinta (anello di rivestimento) e dotati di misuratori elettronici di corsa.
 - g. Il back-up completo di tutti i macchinari ed accessori per il funzionamento della macchina (motori, pompe, quadri elettrici, cabine di trasformazione, quadri di distribuzione elettrica, avvolgicavi, cabina di controllo e comando scudo, nastro trasportatore del back-up materiale estratto impianti di lubrificazione dei vari organi meccanici, organi di sollevamento, allacciamenti idraulici, pneumatici ed elettrici, dispositivi di sicurezza etc.) compresa la cabina di comando e controllo.
 - h. Il sistema di movimentazione e posa in opera del rivestimento della galleria, tramite erettore ad anello, scorrevole su ponte, azionabile a distanza tramite radiocomando per l'aggancio, sollevamento, movimentazione radiale e longitudinale, posizionamento del concio; dotato di tutti i necessari dispositivi di sicurezza per l'aggancio.
 - i. Il convogliatore dei conci di rivestimento per il trasporto dei medesimi dalle piattine portaconci all'erettore.
 - j. Il sistema di estrazione dello smarino dal fronte per mezzo di una coclea che scarica sul nastro trasportatore del back-up, fornita di porta con ghigliottina ad apertura variabile, dotata di un dispositivo per invertire il senso di rotazione in caso di bloccaggio per evitare danni sulla struttura stessa, di ugelli per permettere l'iniezione di specifici prodotti per il trattamento del materiale (schiume, fanghi bentonitici) e sensori per il controllo della pressione; la coclea deve poter essere ritirata idraulicamente per permettere le operazioni di controllo e manutenzione mentre due porte stagne chiudono ermeticamente la camera di lavoro per evitare perdite di pressione all'interno della stessa; l'elica e l'interno della camicia devono essere rivestite con materiale antiusura.
 - k. Il sistema addizionale di regolazione e controllo automatico e manuale (AFSS, Additional Face Support System) per l'iniezione di bentonite e/o schiume nella camera di scavo per compensare il rilassamento delle pressioni del materiale, nonché del livello, all'interno della camera di scavo che si verifica durante i fermi.
 - l. Il sistema di iniezione di diversi prodotti (schiume, polimeri, fanghi bentonitici), filler calcareo in forma di "latte" (filler+acqua) per il condizionamento del terreno scavato compreso il sistema per la generazione di schiuma.
 - m. I dispositivi di rilevamento e di registrazione dei principali parametri operativi, quali: cicli di avanzamento dello scudo, assorbimento potenza elettrica, velocità, coppia e pressioni di rotazione della testa fresante, posizione e pressione dell'overcutter, pressione della miscela d'iniezione, pressione di pompaggio del grasso coda, rilevamento dell'estensione dei martinetti di spinta in fase di avanzamento, pressione dei martinetti di articolazione, pressione di spinta dei martinetti (per gruppi e/o singolarmente), volumi e pressioni del sistema di iniezione degli agenti schiumogeni per il trattamento del terreno, pressioni delle terre nella camera di scavo, pressioni nella coclea, pressione dell'aria compressa, temperature e livelli oli relativi ai singoli sistemi oleodinamici (scavo, spinta, erettore, convogliatore smarino, convogliatore conci, overcutter etc.) il tutto restituito sotto forma grafica in tempo reale.
 - n. Il monitoraggio effettivo della quantità scavata attraverso il controllo del peso del materiale estratto mediante bilance disposte sul nastro trasportatore del back-up.
 - o. Il sistema di guida, con controllo e registrazione dei parametri spaziali della macchina in rapporto all'asse teorico della galleria, basato sull'impiego di raggio laser, sistemi di rilevamento del punto laser sulla sezione di scavo, sistema inclinometrico per il controllo dell'assetto assiale e trasversale del corpo macchina, elaboratore dei dati strumentali, schermo di lettura degli scostamenti attuali e previsti dell'asse plano-altimetrico reale dello scavo rispetto all'asse teorico con rilevamento della progressiva d'avanzamento. Lo scostamento dell'asse reale rispetto all'asse teorico di progetto, a lavori ultimati,

non deve risultare superiore a +/- 10 cm sia altimetricamente che planimetricamente.

- p. I sistemi di monitoraggio atmosferico in grado di rilevare, tramite sensori, carenza di ossigeno, la presenza di gas infiammabili (es. metano), di gas tossici e radioattivi (es. radon), a diverse soglie d'allarme, tramite azionamento di segnali acustici e ottici nel caso di concentrazioni pericolose di gas tossici e/o infiammabili, con eventuale fermo macchina totale al superamento della prefissata soglia di concentrazione.
- q. Il sistema d'iniezione a pressione della miscela bicomponente per l'intasamento del vuoto tra l'estradosso del rivestimento e il terreno attraversato, dotato di un sistema di regolazione e controllo automatico delle pressioni d'iniezione e di un sistema sincronizzato con l'avanzamento della macchina. Le iniezioni devono essere eseguite da almeno 6 punti distribuiti uniformemente sulla coda del mantello. Ogni condotto di iniezione e canna d'uscita deve essere doppio (totale 6x2) per assicurare l'efficienza del sistema anche nel caso di intasamento di una linea. Il sistema comprende e compensa: l'inserimento di eventuali ulteriori n. 6 linee di iniezione disposte uniformemente sulla circonferenza con relative pompe, in abbinamento a quelle già previste; la verifica di tutti gli schemi elettrici, elettronici, e idraulici; l'alloggiamento dei serbatoi e degli impianti aggiuntivi sul back-up. Esso comprende e compensa inoltre: l'impianto esterno per la produzione del componente A, composto da container insonorizzato (in cui sono alloggiati l'agitatore, il miscelatore, le coclee, le bilance ecc.) e n. 3 silos; l'impianto esterno per l'iniezione del componente dalla produzione alla TBM; la linea di trasporto lungo la galleria, costituita da n. 2 tubazioni indipendenti; il consumo materiali (acqua industriale, cemento, bentonite, additivo accelerante, additivo fluidificante); l'impianto per la confezione, l'alimentazione e iniezione di agenti schiumogeni e/o liquidi biodegradabili per omogeneizzare e lubrificare i terreni scavati.
- r. Le attrezzature speciali di perforazione e iniezione per l'esecuzione di sondaggi esplorativi per eventuali consolidamenti del contorno del cavo attraverso il mantello dello scudo, comprese le valvole tipo "preventer" per evitare entrate incontrollate di materiale e acqua.
- s. Doppia camera iperbarica per il personale installata sullo scudo, con aperture che permettono il passaggio di una lettiga per il trasporto degli eventuali infortunati, la camera iperbarica di terapia installata all'esterno (nell'infermeria), la camera iperbarica per la movimentazione di materiali ed utensili omologate secondo le normative specifiche richieste dalla legge italiana in materia; le camere iperbariche dovranno essere previste di un impianto antincendio ad acqua pressurizzata per ogni compartimento interno.
- t. L'impianto per la produzione di aria compressa di emergenza (eventualmente installato sul back-up).

La voce di tariffa comprende e compensa altresì:

1. il progetto di dettaglio della TBM;
2. il trasporto (andata e ritorno), montaggio, smontaggio della TBM e del back-up, compreso il materiale di manutenzione e ricambio;
3. il trasporto (andata e ritorno), montaggio, smontaggio e manutenzione degli impianti, macchinari ed attrezzature a corredo della TBM, sia all'interno che all'esterno del cantiere, compreso il materiale di manutenzione, ricambio e consumo;
4. le opere provvisorie di spinta e partenza (struttura di spinta, sella etc), la struttura di arrivo (portale metallico di sostegno delle paratie), l'anello di tenuta alla partenza corredato da calzoni di sigillatura tipo Bullflex (uno per ogni partenza) iniettati con miscela cementizia;
5. la traslazione dello scudo e le relative opere provvisorie per ogni stazione attraversata "a vuoto";
6. lo scavo e l'allontanamento dei materiali fino all'imbocco ed il deposito provvisorio all'interno del cantiere;
7. la fornitura e posa in opera degli elementi prefabbricati in calcestruzzo di classe di resistenza Rck 50 N/mm²; il calcestruzzo dovrà essere resistente ad ambienti moderatamente aggressivi secondo la classe di esposizione XA2 (Norma UNI EN 206 1); la geometria dei singoli conci e quindi dell'anello dovrà tener conto dell'andamento plano-altimetrico di progetto;
8. eventuale fornitura, trasporto e posa in opera di conci speciali per i collegamenti trasversali (p. es. tronchini di collegamento con i pozzi di ventilazione) e/o punti singolari lungo la galleria di linea;
9. il controllo in stabilimento della geometria dei singoli conci nel rispetto delle specifiche progettuali indicate;

10. l'armatura dei conci con barre di acciaio di tipo B450 o superiore, fino ad un quantitativo di 120 kg/mc, secondo le prescrizioni di progetto. E' compresa e compensata anche la saldatura delle barre di armatura. La voce comprende altresì gli inserti metallici (2 inserti/concio) per rendere galvanicamente accessibili le gabbie di armatura. Tali inserti, posti in mezzeria del concio (mediana maggiore) ad una distanza di circa 100mm dal bordo (lato concio-concio), dovranno essere saldati ai ferri di armatura;
11. fornitura e posa di fibre in polipropilene per la capacità di resistere al fuoco al fine di limitare l'effetto di spalling, con dosaggio almeno pari a 1,5 kg/mc, secondo le prescrizioni di progetto;
12. fornitura e posa di connettori longitudinali che uniscono gli anelli in numero di 3 per i 7 conci normali ed 1 per il concio di chiave, in modo che assumano la medesima distribuzione angolare dei martinetti. Il connettore sarà TIPO EASY CLICK MEDIUM O EQUIVALENTE, con una forza di estrazione massima superiore a 200kN e resistenza al taglio massima superiore a 250kN;
13. la fornitura e la posa dell'impermeabilizzazione dei singoli conci di rivestimento mediante guarnizioni speciali di tipo ancorato FAMA UG066B O EQUIVALENTE da installare nei giunti circolari longitudinali all'estradosso, secondo le prescrizioni di progetto;
14. la fornitura e posa di barra guida con connessione meccanica da posizionare in ogni giunto longitudinale. I requisiti minimi sono di una barra in PVC di diametro 50mm e lunghezza 800mm, resistenza al taglio superiore a 30kN;
15. Ogni concio sarà dotato di una porta di iniezione in corrispondenza di uno dei fori del vaccum dell'erettore; tale porta sarà usata per l'iniezione della boiacca di completamento, laddove necessario;
16. Cuscini bituminosi dovranno avere uno spessore massimo di 1,5mm tra i giunti di circonferenza sulla faccia posteriore degli anelli;
17. gli oneri per l'esecuzione su campioni di terreno o direttamente in sito dei test di sperimentazione e taratura del dosaggio, sia delle miscele di iniezione per l'intasamento dei vuoti di coda, che per gli additivi di condizionamento del terreno;
18. le iniezioni di intasamento con miscela di caratteristiche idonee alla tipologia del terreno attraversato, in termini sia di natura geologica che idrogeologica, da eseguire contemporaneamente allo scavo, per il riempimento del vuoto anulare tra conci e terreno;
19. le eventuali iniezioni di intasamento di seconda fase attraverso i fori predisposti nei conci di rivestimento compresa la fornitura ed il trasporto del materiale necessario;
20. l'impianto di confezionamento della miscela di intasamento;
21. il monitoraggio in corso d'opera all'interno della galleria secondo le specifiche contrattuali;
22. tutti gli oneri per i fermi macchina derivanti da esigenze di manutenzione o riparazione;
23. l'esecuzione di eventuali indagini in avanzamento, mediante sondaggi meccanici sub-orizzontali diametro 110 mm, a distruzione di nucleo e a carotaggio continuo per una profondità di almeno 35 m;
24. tutti i provvedimenti per l'avvio della macchina;
25. tutte le opere, gli accorgimenti, gli impianti, le apparecchiature provvisorie e definitive e quanto altro necessario perché i lavori si svolgano nel più assoluto rispetto della sicurezza per il personale;
26. la fornitura, i montaggi e gli smontaggi di tutti i macchinari, impianti, attrezzature e materiali a corredo del sistema di scavo, previsti sia in galleria che all'aperto, compresi i trasporti di andata e ritorno compresi i relativi carichi e scarichi, gli oneri delle certificazioni ed eventuali collaudi;
27. i trasporti di andata e ritorno nell'ambito del cantiere, in superficie e in galleria, di tutte le attrezzature, macchinari e materiali compresi i relativi carichi e gli scarichi;
28. l'esecuzione di tutti gli allacciamenti elettrici, idrici e relativi consumi compresi i materiali ed attrezzature necessarie;
29. i consumi di energia elettrica, carburanti e lubrificanti per il funzionamento di tutti i macchinari;
30. i consumi e la sostituzione degli utensili di scavo;
31. il consumo degli agenti schiumogeni e/o liquidi biodegradabili, polimeri etc., per omogeneizzare e lubrificare i terreni da scavare;
32. la ventilazione adeguata lungo la galleria in grado di garantire sempre le condizioni di sicurezza e igieniche previste dalla normativa in vigore;
33. l'illuminazione della galleria e delle varie aree di lavoro in conformità a quanto previsto dalle norme

- in vigore;
34. tutti gli impianti ed apparecchiature elettriche appropriate alla classificazione del luogo, completi dei dispositivi di sicurezza previsti dalla normativa vigente;
 35. gli impianti per la fornitura elettrica di emergenza, completi dei dispositivi di sicurezza previsti dalla normativa vigente;
 36. l'impianto di raffreddamento dell'olio dei motori idraulici della macchina;
 37. i sistemi di trasporto per lo smarino, i conci prefabbricati, le attrezzature, i macchinari e i materiali occorrenti attraverso la galleria;
 38. l'impianto per la produzione di aria compressa, dotato di un sistema di trattamento per renderla respirabile negli ambienti dove essa è prevista (per pressurizzare la camera iperbarica per il personale, la camera di materiali e la camera di scavo); compreso il sistema di regolazione automatico dell'aria compressa in entrata e in uscita negli ambienti dove ne è previsto l'uso per pressioni di lavoro;
 39. tutta la necessaria documentazione da presentare agli Enti interessati all'esecuzione della galleria;
 40. tutti gli oneri per le spese per il personale addetto alla realizzazione dell'opera nonché l'utilizzo di qualificate risorse umane, di attrezzature ordinarie o speciali, di servizi di consulenza specializzata necessari, a giudizio e responsabilità dell'appaltatore, per la puntuale e completa esecuzione dell'opera nel pieno rispetto delle vigenti norme di sicurezza del lavoro e protezione ambientale;
 41. la fornitura e la posa di ponti elettrici di collegamento concio/concetto nell'ambito dello stesso anello, costituiti da corda di rame saldata agli inserti metallici predisposti nel getto degli elementi prefabbricati. Sono anche inclusi i collegamenti equipotenziali tra gli anelli nella misura di uno ogni anello, costituiti da corda di rame nuda di sezione pari a 25 mm² che si collegano al collettore longitudinale di messa a terra degli anelli, quest'ultimo da computare a parte;
 42. la formazione di giunti dielettrici nelle quantità specificate nel progetto. Ogni giunto dielettrico è costituito da n. 4 anelli trattati con rivestimento a base di vernice epossidatrame in solvente all'estradosso, ai bordi laterali e all'intradosso dei conci mediante vernice dielettrica reattiva bicomponente a base di resine epossidiche e olii di antracene e sostanze minerali, in solvente, atta a realizzare un film con ottima resistenza all'acqua e con buona resistenza all'impatto ed all'abrasione (Tipo "Ineltrol Poxitar"), di spessore minimo totale di 300 micron;
 43. comunque tutti gli oneri non espressamente riportati nella presente descrizione ma necessari per realizzare la galleria secondo quanto riportato nelle specifiche e negli elaborati di progetto;
 44. la maggiorazione per il carico, trasporto e scarico di materiale di scavo, nei siti di deposito intermedio, ubicati oltre 5 km dall'imbocco e fino a 30 km di distanza;
 45. la maggiorazione per il carico, trasporto e scarico di materiale di scavo, demolizione e/o rifiuto, da sito di deposito intermedio ad impianto di smaltimento autorizzato, esclusi i costi di smaltimento e tributi se dovuti, in discarica autorizzata ubicata oltre 5 km dall'imbocco e fino a 30 km di distanza.

2.1 Soggezioni geotecniche e ambientali e prove tecnologiche preliminari

Al fine di orientare la scelta tecnologica di esecuzione, l'Appaltatore è tenuto a conoscere le circostanze logistiche e, in particolare, geologiche del sito come illustrate nei documenti progettuali.

L'Appaltatore prima di iniziare la costruzione è tenuto alla puntuale verifica delle situazioni di dettaglio per procedere agli studi necessari per la scelta mirata delle tecnologie nell'ambito della tecnica TBM, oggetto della presente sezione, per individuare le caratteristiche specifiche di dettaglio della macchina che ha scelto di adottare nell'insieme dei fattori scavabilità, contenimento del fronte e del cavo, etc. e, in sintesi, per tutte le lavorazioni atte a dare la galleria stabile ed impermeabile con controllo massimo nei confronti degli assestamenti litostratigrafici.

Nella scelta delle TBM da utilizzarsi nello scavo a partire da cantieri in sotterraneo l'Appaltatore dovrà tenere in debito gli aspetti logistici e le geometrie dei luoghi al fine di garantire il trasporto ed il montaggio di tutte le attrezzature entro i tempi progettualmente previsti.

2.2 Tolleranze di costruzione

L'Appaltatore deve garantire uno scostamento plano-altimetrico tra l'asse effettivo della galleria e quello riportato nei disegni di progetto allegati al Contratto di Appalto, non superiore a ± 5 cm.

Il diametro interno della galleria riportato sugli elaborati di progetto è il minimo compatibile con le esigenze di sagoma; pertanto, l'Appaltatore dovrà garantire tale valore, tenendo conto delle tolleranze di costruzione (montaggio e geometrie dei conci + ovalizzazione, ecc.).

Nel caso di rivestimenti prefabbricati, sono ammesse le seguenti tolleranze:

Tabella 2-1: tolleranze di costruzione

TOLLERANZE GEOMETRICHE DEI CONCI		TOLLERANZE ANELLO INSTALLATO	
DIMENSIONE	TOLLERANZA	DIMENSIONE	TOLLERANZA
RAGGIO INTERNO	±1,5 mm	TOLLERANZE GUARNIZIONI - GAP	+5 mm
SPESSORE	-3 mm	TOLLERANZE GUARNIZIONI - OFFSET	±10 mm
LARGHEZZA	±0,5 mm	OVALIZZAZIONE NEL DIAMETRO INTERNO	±50 mm
LUNGHEZZA D'ARCO DEL CONCIO	±0,8 mm	ROLLIO MASSIMO DELL'ANELLO	±100 mm
DIAGONALE	±1,0 mm	MASSIMO ROLLIO TRA ANELLI CONSECUTIVI	±10 mm
TORSIONE	±5,0 mm		
ASSE DELLA GUARNIZIONE	±1,0 mm		
PLANARITA E PARALLELISMO DELLE ZONE DI CONTATTO	±0,5 mm		
ANGOLO DI CHIUSURA DEL GIUNTO LONGITUDINALE	±0,5 mm		
ANGOLO DI DEVIAZIONE DEL GIUNTO LONGITUDINALE	±0,5 mm		
SOMMA DEGLI ANGOLI DI CHIUSURA E DI DEVIAZIONE DEL GIUNTO LONGITUDINALE	±0,6 mm		
ASSE DELLA ZONA DI CONTATTO	±1,0 mm		
INSERTI CONICI DELL'ERETTORE INSERTI A SPIRALE E POSIZIONI DEL MANICOTTO	±1,0 mm		

TOLLERANZE ANELLO	
DIMENSIONE	TOLLERANZA
DIAMETRO ESTERNO	±10 mm
DIAMETRO INTERNO	±10 mm
CIRCONFERENZA ESTERNA (MISURATA A TRE ALTEZZE)	±30 mm

Il controllo dei casseri dovrà essere effettuato sistematicamente ogni settimana.

Il controllo sui conci dovrà essere effettuato in misura statisticamente significativa. Questi controlli dovranno essere oggetto delle procedure previste al Paragrafo 5.

2.3 Scavo in presenza d'acqua

Si veda l'analogo paragrafo della Sezione "Opere in sotterraneo – Gallerie con tecniche convenzionali".

2.4 Scavo in probabile presenza di gas

Si veda l'analogo paragrafo della Sezione "Opere in sotterraneo – Gallerie con tecniche convenzionali".

2.5 Scavo in presenza di gas accertata

Si veda l'analogo paragrafo della Sezione "Opere in sotterraneo – Gallerie con tecniche convenzionali".

2.6 Avanzamenti in condizioni particolari: amianto

Si veda l'analogo paragrafo della Sezione "Opere in sotterraneo – Gallerie con tecniche convenzionali".

2.7 Avanzamenti in condizioni particolari: mineralizzazioni radioattive

Si veda l'analogo paragrafo della Sezione "Opere in sotterraneo – Gallerie con tecniche convenzionali".

3. MATERIALI E MEZZI

Si veda l'analogo capitolo della Sezione "Opere in sotterraneo – Gallerie con tecniche convenzionali", completato con quanto segue.

3.1 Caratteristiche tecniche della TBM

3.1.1 Considerazioni generali

In questo capitolo si sintetizzano le caratteristiche tecniche minime richieste per la TBM che verrà adottata,

indipendentemente dalla tipologia che sceglierà l'Appaltatore.

Le caratteristiche tecniche di dettaglio della TBM nonché tutti i calcoli necessari a giustificare tutte le scelte operate (relativamente a: potenza alla testa fresante, coppia motrice, spinta, materiali e spessori degli scudi) dovranno essere oggetto di una specifica procedura operativa da sottoporre alla Direzione Lavori per approvazione (si veda il capitolo: "controlli di qualità" di questa Sezione di CSA).

3.1.2 Potenza alla testa fresante

La potenza disponibile alla testa fresante dovrà essere almeno quella necessaria a garantire l'avanzamento della TBM nei diversi terreni attraversati, alle velocità che l'Appaltatore ha messo a base dei suoi calcoli per rispettare le scadenze contrattuali, nonché a superare eventuali situazioni critiche di emergenza (bloccaggi o altro).

3.1.3 Coppia motrice e rotazione della testa fresante

La coppia motrice nominale trasmessa alla testa fresante dal sistema di rotazione deve essere adeguatamente superiore a quella teorica di calcolo per garantire lo scavo nei terreni incontrati alle velocità che l'Appaltatore ha messo a base dei suoi calcoli, per rispettare le scadenze intermedie contrattuali. Il valore della coppia insieme a tutti i parametri macchina verranno sottoposti alla Direzione dei Lavori per accettazione.

Il sistema di rotazione della testa fresante dovrà:

- permettere entrambe le direzioni di rotazione;
- permettere la variazione continua della velocità di rotazione;
- garantire, per interventi di emergenza, una coppia di sbloccaggio pari ad almeno 1.5 volte la coppia nominale massima.

3.1.4 Spinta

La spinta sarà fornita attraverso martinetti che agiscono sull'ultimo anello di rivestimento posato (martinetti longitudinali: TBM scudate).

Nel caso di TBM scudate l'ultimo anello di rivestimento dovrà essere integralmente contenuto nello scudo, mentre il penultimo potrà essere contenuto solo parzialmente nello scudo, in particolare dovrà coprire la zona della guarnizione di coda al termine della lunghezza di avanzamento propria di ogni ciclo ed uguale al minimo alla lunghezza del singolo anello.

La spinta totale della TBM deve essere adeguatamente superiore a quella teorica di calcolo per garantire lo scavo nei diversi tipi di terreno attesi alle velocità massime previste dall'Appaltatore. Il valore della spinta insieme a tutti i parametri macchina verranno sottoposti alla Direzione dei Lavori per accettazione.

Nel caso di TBM scudate a contropressione, nel calcolo della spinta massima si dovrà considerare l'attrito sulla superficie laterale dello scudo a contatto con il terreno circostante, in tutte le condizioni prevedibili e si dovrà anche tenere conto della necessità di vincere la contropressione (il cui valore è definito progettualmente) oltre a tutte le altre forze necessarie all'avanzamento (trascinamento back-up, attrito conci-scudo, ecc.).

3.1.5 Scudo completo (TBM scudate)

La struttura metallica dello scudo dovrà essere dimensionata almeno per far fronte alle sollecitazioni derivanti dai carichi attesi nelle specifiche condizioni del progetto (carichi del terreno + sovraccarichi esterni, pressione d'acqua, carichi di esercizio della TBM).

Lo spessore minimo dello scudo non dovrà essere inferiore a 50 mm, mentre lo spessore minimo dello scudo anteriore non dovrà essere inferiore a 80 mm; gli spessori dovranno essere definiti secondo dettagliate analisi strutturali condivise per accettazione alla Direzione dei Lavori.

Dovranno inoltre essere predisposti opportuni dispositivi per la correzione delle eventuali rotazioni dello scudo attorno al proprio asse (rollio).

Le guarnizioni di tenuta del cuscinetto principale ed il cuscinetto principale dovranno essere sostituibili in galleria.

Lo scudo dovrà essere dotato di fori attraverso i quali sia possibile effettuare perforazioni inclinate (di diametro minim pari ad almeno $d=75\text{mm}$) per indagine/consolidamento in avanzamento agli scavi o iniezione di agenti lubrificanti. Tali fori dovranno essere in numero minimo di 9 distanziati nel modo più uniforme possibile lungo la semi-circonferenza superiore.

Lo scudo dovrà essere predisposto con fori per l'iniezione di slurry bentonitico a garantire il pieno contatto tra scudo e cavo. Il sistema di iniezione dello slurry bentonitico andrà collegato al sistema AFSS e dovrà essere garantita la regolazione sia della pressione che dei volumi dello slurry bentonitico da iniettarsi. Tutti gli impianti correlati al sistema AFSS implementato con le iniezioni allo scudo dovranno essere

adeguatamente dimensionati ed alloggiati all'interno del back-up. Il sistema di intasamento dello spazio tra scudo e cavo sarà da utilizzarsi durante le operazioni di fermo per manutenzioni sia (di concerto con la direzione lavori) durante gli avanzamenti della TBM al fine di minimizzare i cedimenti in superfici dovuti al naturale rilassamento del cavo sullo scudo.

Lo scudo così come tutti i materiali soggetti ad usura ad esso collegato dovrà essere opportunamente dimensionato e/o rinforzati e/o protetti al fine di minimizzare la necessità di manutenzione.

3.1.6 Guarnizione di coda (TBM scudate)

Le guarnizioni di coda dello scudo dovranno essere sostituibili in galleria, almeno per quanto riguarda le due sezioni di spazzole di estremità.

Nel caso di TBM scudate a contropressione, la guarnizione di coda della TBM, che ha la funzione di evitare l'irruzione di acqua e/o di altro materiale, nonché di contenere la malta di intasamento a tergo dei conci all'interno dello scudo TBM, dovrà essere in grado di garantire pressioni superiori a $P = 5\text{bar}$ (il valore finale dovrà comunque essere confermato o emendato nella fase di Progetto Esecutivo sottoposto per accettazione alla Direzione dei Lavori) e dovrà essere del tipo a tripla sezione di spazzole metalliche o equivalente. La funzione di tenuta dovrà essere garantita attraverso iniezione di grasso atossico da effettuarsi attraverso condotti integrati nello scudo di coda.

Le guarnizioni di coda così come tutti i materiali soggetti ad usura dovranno essere opportunamente dimensionate e/o rinforzati e/o protetti al fine di minimizzare la necessità di manutenzione.

3.1.7 Testa fresante

La testa fresante deve essere concepita per lo scavo dei diversi tipi di terreno e di conseguenza munita di utensili idonei.

La TBM deve avere la possibilità di eseguire un sovrascavo variabile la cui entità dovrà essere definita dall'Appaltatore in funzione delle massime convergenze attese nonché del tracciato / necessità di eventuali correzioni del medesimo.

Nel caso di TBM scudate a contropressione, particolare attenzione andrà posta alle aperture nella testa, per garantire i corretti flussi di materiale da un lato e la trasmissione della pressione di supporto dall'altro.

La testa fresante così come tutti i materiali soggetti ad usura dovrà essere opportunamente dimensionata e/o rinforzati e/o protetti al fine di minimizzare la necessità di manutenzione.

3.1.8 Utensili di scavo

La testa di scavo dovrà essere opportunamente equipaggiata con utensili adatti alle condizioni di scavo previste lungo il tracciato.

La tipologia e la distanza tra gli utensili e la loro sporgenza rispetto alla struttura della testa dovrà essere opportunamente calcolata tenendo conto della tipologia di terreno da scavare.

Tutti gli utensili dovranno essere facilmente sostituibili (dall'interno della macchina) in modo che sia garantita la sicurezza dei lavoratori dedicati a tale compito.

Gli utensili di scavo così come tutti i materiali soggetti ad usura dovranno essere opportunamente dimensionati e/o rinforzati e/o protetti al fine di minimizzare la necessità di manutenzione.

3.1.9 Erettore di conci (TBM scudate)

Le TBM scudate dovranno essere dotate di un erettore per la posa dei conci in calcestruzzo che formano il rivestimento della galleria. La meccanica di movimento dell'erettore deve avere i gradi libertà necessari al corretto montaggio dell'anello e atti a consentire il montaggio di un anello completo in condizioni standard in un tempo non superiore a 30 minuti medi e comunque sufficiente al rispetto delle scadenze contrattuali; tra questi gradi di libertà si citano:

- Spostamento longitudinale
- Rotazione di 360°
- Movimento radiale della testa dell'erettore
- Inclinazione della testa dell'erettore in senso longitudinale
- Inclinazione della testa dell'erettore in senso trasversale
- Torsione della testa dell'erettore

L'erettore dovrà essere in grado di manovrare i conci della forma e del peso previsto in progetto garantendo in qualunque posizione di lavoro un fattore di sicurezza $F_s \geq 1.5$.

Per ovviare a situazioni particolari ed eventualmente per permettere la sostituzione delle guarnizioni di coda dello scudo, l'erettore dovrà anche essere in grado di rimuovere i conci dell'ultimo anello posato.

Dovrà essere possibile all'operatore dell'ereettore di operare con la necessaria visibilità, in condizioni di sicurezza senza che né lui stesso né altri si trovino nell'area di manovra dell'ereettore.

3.1.10 Camere iperbariche (TBM scudate a contropressione)

Nel caso siano necessari interventi di manutenzione o d'altra natura, eseguiti dal personale nella camera di lavoro sotto aria compressa, la TBM dovrà essere preventivamente dotata di una camera iperbarica di dimensioni adeguate all'alloggiamento del personale come di seguito dettagliato:

Camera Personale

La camera personale deve essere calcolata per una pressione d'esercizio di 3 bar ed equipaggiata anche con impianti per la respirazione con ossigeno. Deve essere progettata come una camera doppia capace di ospitare contemporaneamente almeno 3 persone.

La camera personale deve essere conforme a tutti i requisiti di sicurezza previsti dalle normative in vigore sull'aria compressa. In particolare, per quanto riguarda le dimensioni, deve permettere il trasporto di un ferito in barella in posizione orizzontale.

Camera Materiali

Per movimentare da e verso il fronte gli attrezzi ed i materiali bisogna preparare una camera materiali. Le sue dimensioni e porte devono rendere possibile il trasporto e magazzinaggio degli utensili di scavo e delle parti strutturali ad elevato rischio di usura, nonché in caso di necessità, l'asportazione di blocchi eventualmente accumulatisi davanti alla zona di estrazione.

L'utilizzo del sistema AFSS (Automatic front support system – sistema di supporto automatico della pressione al front e in caso di intervento in camera iperbarica) sarà da prevedersi al fine di realizzare il film di impermeabilizzazione all'interno della camera di scavo grazie alla iniezione di "latte bentonitico".

Tutte le porte delle camere iperbariche (personale e materiali) devono essere ad autotenuta, cioè devono chiudersi dal lato della sovrappressione.

Deve inoltre essere previsto per entrambe le camere un sufficiente numero di canalizzazioni per l'alloggiamento di materiali liquidi e/o il passaggio di cavi/tubazioni, garantendo la tenuta della pressione.

L'utilizzo delle camere sarà regolato dalle normative europee di sicurezza vigenti e l'Appaltatore dovrà sottoporre apposita procedura (conforme a tali norme) alla Direzione Lavori (si veda il capitolo: "Controlli di qualità" di questa **Sezione di CSA**).

3.1.11 Sistema di iniezione per intasamento dietro ai conci (TBM scudate)

Il riempimento del vuoto anulare tra profilo di scavo e anello in conci prefabbricati di rivestimento della galleria dovrà essere garantito da malta cementizia o bi-componente iniettato in continuo attraverso opportuni condotti di iniezione localizzati nella parte di coda dello scudo della TBM (TBM scudata a contropressione).

Dovrà essere garantito il perfetto intasamento di tutto il vuoto anulare, in particolare dovrà essere garantito il riempimento della zona di chiave calotta attraverso opportuni condotti di iniezioni longitudinali.

I condotti di iniezione dovranno essere in numero minimo di 6 posizionati in modo equidistante lungo la circonferenza dello scudo, sdoppiati per consentirne la pulizia senza interrompere l'intasamento. Un sistema "spare" costituito da 6 condotti dovrà essere affiancato al sistema principale. Il sistema flushing con pompa ad alta pressione dovrà essere installato per la pulizia delle linee di iniezione.

L'iniezione dovrà poter avvenire contemporaneamente all'avanzamento della TBM, in modo continuo con controllo (automatico e manuale) del volume (sia della componente A che della componente B qualora l'Appaltatore scelga l'uso di miscela bicomponente) e della pressione di iniezione, in modo da evitare la formazione di vuoti durante l'avanzamento dello scudo. Dovrà essere possibile il blocco automatico dell'avanzamento della TBM nel caso non vengano raggiunti i valori di pressione/volume previsti.

I serbatoi per la malta e le pompe per l'iniezione dovranno essere adeguatamente dimensionati alle condizioni di progetto e alla velocità massima di avanzamento della TBM con un volume di stoccaggio pari almeno al volume teorico di 2 cicli di avanzamento.

Le attrezzature, le modalità di iniezione e la composizione della miscela dovrà essere oggetto di specifiche procedure operative sottoposte alla Direzione Lavori per approvazione (si veda il capitolo: "Controlli di qualità" di questa Sezione di CSA).

Il perfetto intasamento del vuoto anulare tra terreno e estradosso rivestimento garantisce il centraggio dell'anello di rivestimento in conci e, quando realizzato mediante iniezione della malta, contribuisce all'impermeabilizzazione del cavo della galleria per la quale già espleta la sua piena funzione il giunto elastomerico.

La composizione della miscela dovrà essere tale che, nelle condizioni di massima velocità di avanzamento previste, non si verifichino deformazioni o spostamenti dell'anello di conci sotto l'azione dei carichi trasmessi dal sistema di back-up.

3.1.12 Carri di servizio alla TBM (Back-up)

Il back-up dovrà scorrere su binari o strutture a ruote in grado di ripartire il peso e il cui carico può essere sopportato dagli anelli di rivestimento appena iniettati.

Ogni carro dovrà poter seguire liberamente le manovre e le curve effettuate dalla TBM mantenendo inalterata la sua funzionalità originaria, in particolare per quanto riguarda il nastro di smarino montato sul back-up.

3.1.13 Attrezzatura di perforazione

La TBM dovrà essere equipaggiata con un'attrezzatura di perforazione per l'esecuzione di perforazioni/sondaggi (anche con recupero dei campioni) e/o consolidamenti in avanzamento agli scavi, anche sotto battente d'acqua. Nel caso di perforazioni da eseguirsi all'interno della futura sezione di scavo le aste di perforazione dovranno essere in alluminio o altro materiale fresabile in caso di perdita davanti al fronte.

Dovranno essere consentite perforazioni sub-orizzontali in avanzamento all'interno della futura sezione di scavo con diametro di perforazione di almeno 100mm e lunghezza di perforazione di almeno 30m.

Nel caso di perforazioni a distruzione di nucleo, dovrà essere possibile la registrazione (tramite una centralina di acquisizione dati) dei parametri di perforazione (si veda il capitolo "Indagini in avanzamento" di questa Sezione di CSA).

Dovranno essere permesse perforazioni sub-orizzontali al contorno dell'area di futuro scavo con diametro di perforazione di almeno 75mm e lunghezza di perforazione di almeno 25m.

3.1.14 Sistema di guida

La TBM dovrà essere equipaggiata con un sistema guida, per la misura della sua posizione assoluta, visionabile in tempo reale. Il sistema di guida TBM dovrà permettere il mantenimento delle tolleranze di progetto rispetto sia al tracciamento sia a tutte le sezioni della sagoma limite del materiale rotabile (gabarit), secondo le tolleranze già indicate.

Il sistema di guida TBM dovrà essere in grado di fornire almeno le seguenti informazioni:

- posizione assoluta (nelle tre coordinate spaziali) di un punto predeterminato sulla coda dello scudo;
- posizione assoluta (nelle tre coordinate spaziali) di un punto predeterminato sullo scudo frontale, in prossimità della testa di scavo;
- inclinazione verticale e orizzontale dell'asse TBM relativamente alla posizione teorica dell'asse;
- rollio dello scudo (rotazione intorno al proprio asse).

3.1.15 Evacuazione del marino

Il sistema di smarino deve assicurare la rimozione dei detriti senza ostacoli dalla testa di scavo al back-up e lungo la galleria in costruzione.

Al fine di consentire il controllo degli scavi, il volume ed il peso del materiale scavato dovranno essere misurati. Specifiche procedure ed attrezzature saranno definite dall'Appaltatore e sottoposte alla Stazione appaltante e Direzione Lavori durante la fase di approntamento della TBM.

La testa di scavo dovrà conseguentemente essere opportunamente progettata anche al fine di garantire la movimentazione di tutto il materiale scavato anche alla massima velocità istantanea di avanzamento prevista.

Nel caso di Slurry Shield o Hydroshield è necessario prevedere una griglia di ingresso poiché i detriti/blocchi di una certa dimensione potrebbero finire nella linea di alimentazione bloccando le linee o le pompe. Al fine di ridurre le dimensioni dei detriti/blocchi può essere inserito un frantoio.

Nel caso di Earth Pressure Balance Shield i detriti/blocchi devono essere rimossi dalla camera di scavo tramite la coclea che, conseguentemente dovrà essere opportunamente dimensionata. Deve altresì essere

prevista la possibilità di frantumare con demolitori o altro i blocchi eventualmente accumulati davanti alla coclea, operando attraverso la camera iperbarica. In particolare, attraverso la camera "materiali" devono essere evacuati i blocchi e/o i pezzi frantumati che non passino dalla coclea.

3.1.16 Dispositivi di sicurezza

I dispositivi di sicurezza adottati sulla TBM dovranno essere descritti nel Piano Operativo di Sicurezza (POS).

3.1.17 Fanghi di sostegno del fronte (TBM scudate a contropressione)

Nel caso di utilizzo di una TBM a contropressione di fango, di norma verranno utilizzati fanghi bentonitici o altro, ad esempio, polimeri biodegradabili: in ogni caso, oltre alla dovuta certificazione dei prodotti, l'Appaltatore si farà carico di proporre le specifiche di uso (con particolare riferimento ai valori di densità e viscosità) e di eseguire a proprio carico prove di scavo per la finale approvazione della Direzione Lavori. La scelta del tipo di bentonite, certificata dal fornitore, è assoggettata alla sua affinità con le caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo e dell'acqua di falda.

I fanghi saranno ottenuti per idratazione della bentonite in acqua dolce di cantiere.

Potranno utilizzarsi eventuali additivi non flocculanti.

Il dosaggio di bentonite, in peso rispetto all'acqua, deve risultare di norma compreso fra il 3 e il 6%. Variazioni in più o in meno saranno stabilite, in sede esecutiva, in relazione ad eventuali problematiche di confezionamento o di appesantimento durante lo scavo, al fine comunque di garantire la stabilità dello scavo.

3.1.18 Additivi per il sostegno del fronte (TBM scudate a contropressione)

Nel caso di utilizzo di una TBM a contropressione di terra, è necessario aggiungere additivi (schiume, polimeri, fanghi bentonitici, altri additivi) al fronte, nella camera di scavo e nella coclea per:

1. incrementare la fluidità dello smarino,
2. ridurre la permeabilità dello smarino,
3. migliorare la trasmissione della pressione di stabilizzazione.

L'utilizzo di additivi e/o polimeri e/o altri additivi in genere, è vincolato alla loro atossicità e biodegradabilità. In ogni caso l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori una procedura operativa comprensiva delle caratteristiche tecniche e delle modalità d'uso degli additivi che intende utilizzare.

4. MODALITÀ ESECUTIVE

4.1 Scavo e sostegno del fronte (TBM scudate a contropressione)

Le procedure di avanzamento e di sostegno del fronte incidono sugli spostamenti e sulla stabilità del terreno intorno alla zona di scavo. Con una pressione di sostegno del fronte si devono contrastare e controllare le pressioni del terreno e dell'acqua sotterranea, nonché limitare i flussi di materiale verso la camera di scavo che possono evolvere in locali franamenti, con potenziali conseguenze sul piano campagna.

L'entità dei sovrascavi programmati incide sui cedimenti superficiali e la sua variabilità deve essere predeterminata a seconda delle condizioni geotecniche locali.

La TBM impiegata dovrà essere in grado di operare secondo le seguenti modalità:

Contropressione al fronte fornita da fango bentonitico o dal materiale in scavo + additivi: durante tutte le operazioni di scavo;

Contropressione al fronte fornita da aria + additivi di impermeabilizzazione del fronte di scavo: quando è necessario entrare nella camera di scavo per eseguire manutenzioni e/o interventi particolari.

I meccanismi di controllo e regolazione devono permettere un'immediata correzione nel caso in cui si oltrepassino i limiti di attenzione e di allarme.

Il controllo delle pressioni dovrà avvenire almeno attraverso tre livelli di controllo con tre punti di controllo per livello (6 sensori di pressione di terra, più tre sensori per la misura della pressione d'acqua), posizionati all'interno della camera di scavo sulla parete stagna della camera medesima. La contropressione al fronte dovrà essere mantenuta entro una tolleranza +/- 0.2 bar.

I valori delle contropressioni da applicare al fronte dovranno essere indicati dall'Appaltatore per le diverse sezioni del profilo di scavo in una specifica Procedura Operativa che ne giustifichi l'adozione con specifici calcoli per ogni sezione del profilo, tenendo anche conto della necessità di eventuali sovrascavi. Particolare attenzione dovrà essere rivolta al calcolo della pressione nel caso di EPB, specificando i valori risultanti sia in termini di pressione idrostatica che di pressione effettiva nella camera.

Il corretto funzionamento dei misuratori di pressione dovrà essere testato prima dell'inizio dello scavo e, periodicamente, durante l'avanzamento della TBM, al fine di correggere eventuali errori fuori tolleranza.

4.2 Limitazione dei cedimenti

Il tracciato della galleria si sviluppa, per la gran parte della sua lunghezza, sotto corpi stradali e sotto zone edificate con basse coperture. Queste condizioni rendono indispensabile l'impiego di un sistema di scavo che limiti al massimo i cedimenti.

Per questo motivo devono essere prese tutte le precauzioni possibili per evitare l'instabilità del fronte di scavo. Conseguentemente la scelta e l'impiego della TBM dovrà essere ottimizzato al fine di ottenere valori di volume perso (Loss of Ground) minimi.

Nella eventualità che venissero superati i limiti di deformazione definiti nel progetto di dettaglio, sarà a totale carico dell'Appaltatore ogni azione e provvidenza atta a garantire il ripristino dei livelli di sicurezza per le quali dovrà essere prodotta opportuna documentazione tecnica che dovrà essere accettata dalla Direzione Lavori.

Zone di imbocco e attraversamento stazioni:

La fase di ingresso in galleria (tratte iniziali o di partenza da stazioni già realizzate), così come quella di uscita (tratte finali o di arrivo in stazioni già realizzate) delle TBM sono operazioni delicate, sia per le rallentate operazioni di scavo che per quelle di posa del rivestimento e di intasamento ottimale del relativo vuoto d'estradosso. In queste tratte, il terreno e l'eventuale pressione d'acqua devono essere sostenuti con un consolidamento facilmente penetrabile dalla testa di scavo della TBM.

In particolare, nelle tratte di ingresso il "concio di attacco" dovrà essere adeguatamente dimensionato con un blocco di contrasto (idoneo a ricevere la spinta all'avanzamento della TBM) realizzato con la massima precisione per la corretta posa dei primi anelli di rivestimento in conci prefabbricati.

Per le tratte di uscita della TBM deve essere previsto un consolidamento facilmente penetrabile dallo scudo, che nel contempo garantisca comunque il sostegno richiesto; l'Appaltatore dovrà eseguire gli interventi progettualmente previsti, salvo diversa autorizzazione della Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà provvedere ai passaggi a vuoto nel cavo precedentemente costituito dalle strutture di stazione con adeguate dime, le carpenterie e le attrezzature atte ad eseguire la traslazione fino alla ripresa dello scavo.

4.3 Manutenzione all'interno delle camere di scavo (TBM scudate a contropressione)

Operazioni dal piano campagna con lo scopo di realizzare interventi al fronte di scavo e/o dei lavori di manutenzione della ruota di scavo sono estremamente difficili. Di conseguenza, questi interventi dovranno essere eseguiti dalla galleria previa la sostituzione del fluido di contropressione (da fango bentonitico o da terreno naturale "condizionato" ad aria compressa). Nel caso di scavo con EPB sarà necessario verificare l'impermeabilità del fronte all'aria compressa prima dell'ingresso del personale. In caso contrario sarà necessario pompare fanghi bentonitici al fronte per integrare la parte di "fini" mancanti, prima di svuotare la camera e passare in aria compressa.

L'ingresso del personale nella camera di scavo sotto aria compressa dovrà essere eseguito secondo una specifica procedura operativa predisposta dall'Appaltatore ed approvata dalla Direzione Lavori, conforme alla normativa di sicurezza vigente.

In tale procedura l'Appaltatore dovrà anche fornire i risultati dei calcoli di stabilità del fronte tramite il sostegno ad aria compressa, così come i consumi d'aria previsti.

La pressione e il consumo d'aria dovranno essere controllati in modo costante durante tutte le fasi di lavoro con aria compressa.

Le perdite d'aria compressa durante gli accessi del personale devono essere verificate, monitorate e presentate graficamente. Le registrazioni devono essere eseguite dal sistema d'acquisizione dati relativo al sistema d'avanzamento. Questo sistema d'acquisizione deve permettere l'elaborazione e la presentazione grafica dei dati in tempo reale già in ambito cantiere.

4.3.1 Posa del rivestimento (TBM scudate)

Il rivestimento definitivo sarà costituito da anelli di conci prefabbricati in c.a. messi in opera direttamente dalla stessa TBM. Il rivestimento dovrà:

- sopportare tutti i carichi cui sarà soggetto durante la vita dell'opera, dai carichi temporanei di costruzione dovuti alle operazioni di trasporto, montaggio e spinta della TBM, ai carichi riconducibili all'azione del terreno;
- consentire un rapido avanzamento della TBM;
- garantire una perfetta e permanente impermeabilità della galleria;
- garantire, nelle previste tolleranze, il rispetto dell'asse teorico di tracciato in modo da ottenere tutti i raggi di curvatura plano-altimetrici previsti dal progetto.

Una volta terminata l'installazione del rivestimento in conci, l'Appaltatore dovrà eseguire un adeguato lavaggio, eseguito anche con l'utilizzo di idrolancia a pressione del rivestimento finale della galleria di linea.

Tolleranze di montaggio

Gli anelli dovranno essere montati a perfetta regola d'arte, senza rotture o discontinuità. Si veda tabella **Tabella 2-1**.

In caso di difformità rispetto alle specifiche suddette, l'Appaltatore prenderà a suo carico i provvedimenti atti al ripristino, dopo aver presentato alla Direzione Lavori una dettagliata procedura di intervento, atta a garantire l'impermeabilizzazione del giunto alle condizioni previste nella presente Sezione del CSA.

Analogamente una apposita procedura sarà presentata per gli interventi di "riparazione" dei conci fessurati o rotti.

Impermeabilizzazione

Per garantire la tenuta idraulica del rivestimento, su ogni singolo concio sarà montata una guarnizione elastomerica, chiusa in apposite gole ricavate lungo il perimetro dei conci in modo tale che al montaggio degli anelli si abbia in tutti i giunti, trasversali e longitudinali, il contatto diretto tra le superfici delle guarnizioni. Il tipo di guarnizione adottato dovrà garantire la tenuta idraulica nelle ammesse tolleranze di montaggio dei conci di rivestimento, per la prevista durata utile dell'opera. Alternativamente, l'Appaltatore potrà utilizzare anche una guarnizione di tipo ancorato installata direttamente nel cassero.

Gli spigoli della guarnizione dovranno essere adeguatamente definiti e realizzati evitando parti di guarnizione ad elevata rigidità (in confronto alle parti di guarnizione lontane dagli spigoli) così da evitare rotture e sbeccature dei conci durante il montaggio degli anelli.

Nel caso in cui uno o più giunti non risultino a tenuta, l'Appaltatore provvederà a suo carico a mettere in atto tutte le azioni necessarie al ripristino della totale impermeabilità del rivestimento.

A questo proposito, l'Appaltatore presenterà una "procedura di riparazione dei giunti" che descriverà in dettaglio provvedimenti e materiali necessari al ripristino dell'impermeabilizzazione mediante sigillatura.

5. CONTROLLI DI QUALITA'

5.1 Generalità

L'Appaltatore dovrà redigere - e sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori almeno 30 giorni prima del previsto inizio della lavorazione - il documento; "Piano di qualità di costruzione e installazione (PQCI) – Gallerie realizzate con TBM". Il PQCI dovrà essere composto almeno dalle Procedure Operative (PO) elencate nella tabella seguente.

PROCEDURE OPERATIVE TBM

Tipo	Titolo	Numero
TBM	Caratteristiche tecniche (TBM + back-up + servizi) con giustificazioni operative	01
Uso TBM	Scavo (comprensivo di: velocità di scavo previste, programma di manutenzione e cambio utensili, stime dei volumi di smarino, etc.)	02
TBM	Sostegno del fronte: limiti di soglia, di allarme e relative contromisure	03
Uso TBM	Lavori in aria compressa	04
Rivestimento	Modalità e metodi di controllo del riempimento /iniezione dietro ai conci di rivestimento della galleria	05
Uso TBM	Investigazioni in avanzamento agli scavi	06
Rivestimento	Controlli dimensionali sui conci e sui casseri	07
Rivestimento	Impianto di betonaggio e mix design del calcestruzzo da utilizzare	08

	nella prefabbricazione	
Rivestimento	Caratteristiche tecniche di dettaglio dei componenti il rivestimento in conci prefabbricati (impermeabilizzazione, sistemi di connessione tra conci/anelli, etc.)	09
Rivestimento	Prefabbricazione e stoccaggio in stabilimento dei conci prefabbricati per il rivestimento della galleria – Cicli di lavorazione, sistemi di getto, vibrazione, finiture, etc.	10
Rivestimento	Trasporto e stoccaggio in cantiere dei conci prefabbricati per il rivestimento della galleria.	11
Rivestimento	Trasporto, posa e montaggio in galleria dei conci prefabbricati.	12
Rivestimento	Attrezzature per iniezione longitudinale dietro ai conci di rivestimento della galleria.	13
Rivestimento	Caratteristiche della/e miscela/e bicomponente per iniezione longitudinale dietro ai conci di rivestimento della galleria.	14
Rivestimento	Caratteristiche della/e miscela/e per iniezione di latte bentonitico e di slurry bentonitica al fronte ed allo scudo.	15
TBM	Sistema AFSS e suo collegamento ai fori dello scudo	16
TBM	Trasporto al cantiere della TBM.	17
TBM	Posizionamento della TBM al punto di partenza	18
TBM	Montaggio della TBM, e delle attrezzature principali	19
TBM	Test sulla TBM prima della partenza	20
TBM	Avanzamento della TBM nei primi 100m di galleria	21
TBM	Guida della TBM	22
TBM	Controlli topografici	23
Altre attività	Installazione dei servizi in galleria	24
Altre attività	Drenaggio dell'acqua in galleria	25
Altre attività	Ventilazione in galleria	26
Altre attività	Illuminazione ed altri impianti in galleria	27
Smarino	Attrezzature e modalità di trasporto del marino all'interno della galleria, dell'area di cantiere ed alla discarica	28
TBM	Arrivo e smontaggio della TBM e delle attrezzature principali	29
TBM	Arrivo in stazione intermedia e ripartenza della TBM	30
TBM	Attraversamento di stazioni intermedie	31
Rivestimento	Riparazione del rivestimento in conci prefabbricati: conci fessurati o rotti, sigillatura dei giunti.	32

Ciascuna PO dovrà essere redatta sulla base dell'indice generale e relativi contenuti indicati nella tabella seguente.

INDICE GENERALE E RELATIVI CONTENUTI DI CIASCUNA PROCEDURA OPERATIVA TBM

Cap.	Titolo	Contenuto
1	GENERALITA'	
1.1	Oggetto e scopo della PO	Definire con chiarezza a cosa è rivolto la PO e quale è lo scopo della stessa.
1.2	Documenti di riferimento	Elencare le norme generali, raccomandazioni, leggi o altri documenti di carattere generale e i documenti strettamente legati al progetto in essere utilizzati nella redazione della PO.
1.3	Definizioni	Elencare tutte le definizioni/abbreviazioni che verranno usate nel testo della PO.
1.4	Campo di applicazione	Definire l'ambito nel quale la PO è applicabile.
2	CONDIZIONI PROGETTUALI	
2.1	Dati di progetto	Sintetizzare gli elementi progettuali utili alla comprensione della PO.
2.2	Condizioni ambientali	Illustrare/elencare i parametri relativi all'ambiente in cui si svolgono le azioni che formano l'oggetto della PO.
2.3	Requisiti	Illustrare/elencare i requisiti e le prescrizioni imposti all'oggetto della PO (riferirsi ai

Cap.	Titolo	Contenuto
	prescrizioni	"Documenti di riferimento").
3	ORGANIZZAZIONE E MATERIALI	
3.1	Personale	Descrivere i ruoli, le funzioni e le gerarchie relativi al personale coinvolto nelle azioni che formano l'oggetto della PO. Riportare i nominativi - e relativi curriculum - del personale "chiave" coinvolto più eventuali organigrammi – funzionigrammi.
3.2	Mezzi operativi e strumentazioni	Elencare i mezzi/macchinari e le strumentazioni necessari alle azioni che formano l'oggetto della PO Eventuali schede tecniche andranno allegate.
3.3	Materiali impiegati	Elencare i materiali impiegati nelle azioni che formano l'oggetto della PO. Quando possibile fare riferimento alle caratteristiche dei materiali riportate nel/nei capitolati tecnici generali. Altrimenti descriverne le caratteristiche tecniche. Eventuali schede tecniche andranno allegate.
4	METODOLOGIA OPERATIVA	
4		La metodologia operativa dovrà essere dettagliatamente descritta. In questo capitolo andranno anche inseriti gli eventuali richiami a norme – specificatamente legate alle azioni che formano l'oggetto della PO - sulla sicurezza.
5	PROGRAMMA DELLE PROVE E DEI CONTROLLI	
5		Comprenderà tutte le prove ed i controlli, previsti nella presente Sezione del CSA, che l'Appaltatore effettuerà all'interno dei processi che formano l'oggetto della PO. Per ciascun controllo dovrà essere definito: chi controlla; la strumentazione e la modalità del controllo (quando esistenti, riferirsi a strumentazioni e modalità standard); la frequenza del controllo; il modulo che dovrà contenere i risultati del controllo; nel caso di esito negativo dei controlli dovrà essere indicato se e in quale caso il processo deve arrestarsi, quali persone devono essere avvertite, quali operazioni di emergenza devono essere effettuate, richiamando eventualmente una procedura di emergenza. Dovrà essere allegata la modulistica relativa a tutti i controlli previsti.

Si precisa che le prove ed i controlli saranno a carico dell'Appaltatore e che dovranno essere eseguiti in conformità al PROGRAMMA DELLE PROVE E DEI CONTROLLI contenuto in ciascuna PO.

Di seguito si forniscono le specifiche che l'Appaltatore dovrà osservare nella esecuzione dei controlli del proprio operato; l'Appaltatore resta comunque responsabile della qualità del prodotto finale che sarà accettato solo ove rispondente ai seguenti criteri:

- rispondenza ai criteri di tolleranza specificati nella presente Sezione di CSA;
- assenza di difetti, evidenziati dall'autocontrollo dell'Appaltatore, o rilevati dalla Direzione Lavori, o rilevati dalle prove eseguite, od emersi in fase di scavo.

5.2 Parametri da monitorare

5.2.1 Generalità

Durante la fase di costruzione sarà necessario monitorare sia lo scavo che il comportamento tenso-deformativo del rivestimento.

Periodicamente, verrà programmata la visita del geologo dell'Appaltatore incaricato e qualificato per la mappatura del fronte; l'intervento potrà avvenire, se richiesto, insieme alla Direzione Lavori

Attraverso una documentazione precisa ed oggettiva di ciò che la macchina incontra durante le sue fasi di scavo è possibile risalire alle principali caratteristiche dell'ammasso in corso di scavo.

E' necessario che la TBM sia opportunamente strumentata per l'acquisizione in continuo di tutti i dati macchina.

Il sistema di acquisizione dati deve avere la possibilità di elaborazioni matematiche sui valori misurati; valori che devono essere presentati in unità ingegneristiche e in scala dei tempi (sia lineare, sia logaritmica, sia in radice quadrata del tempo).

Tutti i dati devono essere reperibili e registrabili in continuo e in tempo reale nelle sedi indicate dalla Direzione Lavori sia in sito che in sede centrale, mediante trasmissione in rete.

Per tutti i parametri registrati che lo richiedono per motivi di funzionalità e/o sicurezza dovranno essere

evidenziati i valori di soglia d'attenzione e d'allarme.

Durante la costruzione della galleria dovrà essere possibile la raccolta e la fornitura alla Direzione Lavori nei modi e nei tempi descritti caso per caso, dei gruppi di informazioni illustrati nei paragrafi successivi. In ogni caso l'Appaltatore dovrà mettere a disposizione della Direzione Lavori un computer con relativo monitor e specifico software per la visualizzazione in tempo reale di tutti i dati registrati in continuo.

5.2.2 Performance della TBM

I parametri TBM rappresentano l'insieme delle informazioni, direttamente correlate allo scavo.

I parametri da registrare dovranno essere almeno i seguenti:

- Lunghezza di perforazione (mm) - rappresenta l'avanzamento progressivo della TBM nell'ambito dello "stroke" (avanzamento per ciclo di scavo)
- Velocità istantanea di avanzamento (mm/min, oppure mm/rev.) - cioè la penetrazione istantanea della TBM
- Velocità di rotazione della testa (g/min)
- Potenza assorbita alla testa (kW)
- Spinta per gruppi di martinetti e totale, sia alla testa che sui concetti (kN) [solo per TBM scudate]
- Coppia di taglio (kN*m)
- Velocità di rotazione della coclea di estrazione (g/min) [Solo per TBM a contropressione di terra].
- Posizione della TBM (Sistema guida), ovvero:
 - posizione dello scudo
 - inclinazione verticale e orizzontale relativamente all'asse teorico
 - rollio dello scudo (rotazione intorno al proprio asse)
 - planarità dell'anello [solo per TBM scudate].

Tutti i parametri sopra elencati saranno acquisiti in continuo attraverso un sistema di acquisizione automatico, collegato ad una centralina di acquisizione dati su calcolatore, che permetterà la verifica "in tempo reale" delle condizioni di scavo. La restituzione/archiviazione dovrà avvenire in forma digitale su specifici files la cui struttura sarà concordata con la Direzione Lavori

5.2.3 Controllo dell'azione di sostegno (TBM scudate a contropressione)

Per garantire la stabilità del fronte di scavo e il contenimento dei cedimenti è essenziale che i valori di: pressione (effettiva e idrostatica) nella camera di scavo, densità del materiale nella camera di scavo e volume di materiale estratto per ciclo di scavo, siano sempre compresi entro i valori minimi e massimi previsti in progetto. Per garantire che ciò avvenga risulta fondamentale il controllo in continuo dei seguenti parametri:

- quantità di terreno scavato (m³/anello) si precisa che nel caso di Earth Pressure Balance Shield dovrà essere misurato il peso del materiale estratto tramite apposite bilance montate sul nastro trasportatore;
- volumi di malta iniettata tra rivestimento in concetti e profilo di scavo (m³/anello);
- pressione di iniezione della malta iniettata tra rivestimento in concetti e profilo di scavo (bar);
- quantità di additivi aggiunti in camera di scavo e, per Earth Pressure Balance Shield, nella coclea (m³);
- pressione dell'aria nella camera iperbarica (bar);
- pressione misurata in camera di scavo: nove punti di misura (6 per pressioni totali e 3 per pressioni neutre) disposti su tre allineamenti: in zona calotta, in asse scudo ed in zona arco rovescio (bar);
- per Earth Pressure Balance Shield: almeno due punti di misura addizionali per pressione di terra misurata nella coclea (bar) all'inizio e alla fine della vite;
- per Earth Pressure Balance Shield: volumi dei liquidi condizionanti per ciascuna linea di iniezione adoperata al fronte, in camera di scavo, nella coclea (m³/anello);
- per Earth Pressure Balance Shield: pressioni dei liquidi condizionanti per ciascuna linea di iniezione adoperata: al fronte, in camera di scavo, nella coclea (bar);
- per Hydroshield: pressione d'aria misurata nella camera di compensazione (bar);
- per Hydroshield: altezza del fango presente nella camera di scavo (m).

Tutti i parametri sopra elencati saranno acquisiti in continuo attraverso un sistema di acquisizione automatico, collegato ad una centralina di acquisizione dati su calcolatore, che permetterà la verifica "in tempo reale" delle condizioni di scavo. La restituzione/archiviazione dovrà avvenire in forma digitale su specifici files la cui struttura sarà concordata con la Direzione Lavori

Si precisa che dovranno essere previsti verifiche periodiche che permettano il controllo e la taratura del sistema di acquisizione automatica.

5.2.4 Dati della costruzione

I dati della costruzione rappresentano tutte le informazioni di carattere costruttivo che possono essere raccolte, durante la realizzazione della galleria, sui rapporti di lavoro. I rapporti di lavoro raccoglieranno le informazioni relative ai lavori svolti durante ciascun turno, suddivise per gruppi omogenei in:

- Fermi TBM (minuti/turno) - forniscono un'indicazione generale sull'andamento dei lavori di scavo; in funzione della tipologia saranno suddivisi in:
 - programmati (festività, manutenzioni ordinarie);
 - dipendenti dalla TBM (guasti meccanici, elettrici, etc);
 - dipendenti dall'ammasso scavato (importanti instabilità del fronte e/o del contorno di scavo, importanti venute d'acqua, intersezione con interferenze non previste, etc.);
 - dipendenti dalla posa dell'anello di rivestimento (deformazioni/rotture del rivestimento in conci);
 - altre cause (attese per guasti al back-up, attese per alimentazione materiali alla TBM, diversi).
- Numero di anelli di rivestimento in conci posati (N° anelli/turno) [solo per TBM scudate];
- Altre informazioni inerenti la costruzione

I dati della costruzione saranno acquisiti, attraverso le diverse attività ad essi afferenti, con cadenza giornaliera per ogni turno di lavoro. La restituzione/archiviazione dovrà avvenire in forma digitale su specifici files la cui struttura sarà concordata con la Direzione Lavori. La consegna alla Direzione dei Lavori dovrà avere cadenza settimanale.

5.2.5 Parametri geologico-geotecnici

I parametri geologico-geotecnici direttamente acquisibili durante i lavori comprenderanno:

- rilievo del fronte - questo tipo di indagine può essere eseguito durante i fermi TBM, quindi ad intervalli più o meno regolari in funzione delle diverse esigenze costruttive; comprende la raccolta di tutte le informazioni dell'ammasso.
- prove speditive in sito (es. point load test su trovanti) - completano la caratterizzazione e classificazione diretta;

I parametri geologico-geotecnici saranno acquisiti, attraverso le diverse attività ad essi afferenti, con cadenza non prefissata. La restituzione/archiviazione dovrà avvenire in forma digitale su specifici files la cui struttura sarà concordata con la Direzione Lavori

5.2.6 Indagini in avanzamento

a) Perforazioni orizzontali/sub-orizzontali in avanzamento

Le perforazioni saranno realizzate con una sonda posizionata all'interno dello scudo TBM

Quando verrà adottata una metodologia "a distruzione di nucleo" dovrà essere possibile la registrazione (tramite una centralina di acquisizione dati) dei seguenti parametri:

- velocità istantanea di avanzamento (VA, m/h);
- spinta sull'utensile (PO, bar);
- pressione del fluido di perforazione (PI, bar);
- coppia di taglio (CR, kN*m);

Tutti i parametri di perforazione registrati in automatico dovranno essere opportunamente rappresentati mediante diagrammi (diagrafie) riportanti, per ciascun parametro, i relativi valori misurati in funzione dell'avanzamento.

Potranno essere utilizzati sia martelli perforatori (martello perforatore "fondo foro") che utensili tipo "tricono".

Limitatamente a perforazioni effettuate all'interno della sezione di scavo, le aste di perforazione dovranno essere in alluminio, per ridurre i problemi di avanzamento della TBM in caso di perdita della batteria di perforazione.

b) Sondaggi orizzontali/sub-orizzontali in avanzamento

I sondaggi, a recupero di campioni (carotaggi), saranno mirati ad indagare le zone ritenute più critiche. In tutte le tratte sotto falda, dovrà essere utilizzato un sistema "preventer" per evitare eventuali

venute d'acqua in galleria durante l'esecuzione dei sondaggi (si vedano le specifiche di cui alla sez.10 cap.3 del CSA).

Limitatamente a perforazioni effettuate all'interno della sezione di scavo, le aste di perforazione dovranno essere in alluminio, per ridurre i problemi di avanzamento della TBM in caso di perdita della batteria di perforazione.

I dati relativi alle indagini in avanzamento (diagrafie parametri di perforazione, stratigrafie sondaggi) saranno acquisiti, attraverso le diverse attività ad essi afferenti, con cadenza da fissare in accordo con la Direzione Lavori

La restituzione/archiviazione dovrà avvenire in forma digitale su specifici files la cui struttura sarà concordata con la Direzione Lavori

5.2.7 Altri parametri da controllare (TBM scudate a contropressione)

Nel caso vengano utilizzati fanghi bentonitici o polimerici, l'Appaltatore dovrà disporre in cantiere di adeguata attrezzatura di laboratorio per il controllo dei seguenti parametri, prima dell'immissione nel circuito:

- peso specifico o di volume
- viscosità Marsh
- acqua libera
- Yield strenght – con uso di Ball Harp (o simili)

sulla base delle specifiche indicate dall'Appaltatore e approvate dalla Direzione Lavori.

Nel caso di utilizzo di Earth Pressure Balance Shield dovrà essere misurato lo slump (cono di Abrahms) del materiale scavato. La misura sarà effettuata con cadenza giornaliera su materiale prelevato dal nastro trasportatore immediatamente a valle della coclea. Il valore di slump misurato dovrà risultare entro il range indicato dall'Appaltatore nella Procedura "Sostegno del fronte: limiti di soglia, di allarme e relative contromisure".

5.3 Qualifica del personale operativo

L'Appaltatore deve assegnare la gestione dello scavo con TBM ad una struttura operativa espressamente dedicata. Il responsabile di questa struttura dovrà avere una adeguata esperienza nel settore "scavi con TBM".

I lavori di scavo con TBM dovranno essere supervisionati costantemente da un tecnico qualificato per ogni turno.

Nel team di scavo con TBM dovrà essere compreso un esperto di lavori con aria compressa.

Il personale che fa parte del team di scavo con TBM dovrà avere una approfondita conoscenza della specifica TBM sulla quale andrà ad operare in modo da avere la padronanza dei dispositivi di scavo sin dall'inizio.

L'appaltatore dimostrerà l'idoneità tecnica del proprio personale anche fornendo i Curricula Vitae del personale principale (ingegneri responsabili, capo-macchina, operatori TBM).

Nel caso i curricula vitae non risultassero soddisfacenti, per qualità e/o per numero, l'Appaltatore dovrà sopperire elaborando un programma dettagliato per l'addestramento. L'addestramento dovrà essere svolto separatamente per le singole aree di competenza. Detto addestramento è un prerequisito per l'impiego degli ingegneri responsabili, per i capo-macchina, per gli operatori TBM, i conducenti dell'erettore, i tecnici elettronici, i tecnici idraulici e gli ingegneri del controllo qualità e deve durare almeno 80 ore di lezione.

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 19:

ANCORAGGI

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. P. De Martini		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023

INDICE

1	DEFINIZIONI.....	1
1.1	Tipologie di ancoraggio.....	1
1.2	Elementi costitutivi degli ancoraggi.....	1
1.2.1	Testata.....	1
1.2.2	Armatura.....	2
1.2.3	Tratto libero.....	2
1.2.4	Fondazione (bulbo di ancoraggio).....	2
1.2.5	Dispositivi di protezione.....	2
1.3	Norme di misurazione.....	3
1.3.1	Tiranti di ancoraggio.....	3
1.3.2	Bulloni di ancoraggio.....	3
1.3.3	Chiodi.....	3
2	PRESCRIZIONI GENERALI.....	4
2.1	Aspetti generali.....	4
2.2	Soggezioni geotecniche ed ambientali.....	4
2.3	Prove tecnologiche preliminari.....	5
2.4	Preparazione del piano di lavoro e tracciamenti.....	5
2.5	Tolleranze di costruzione.....	6
3	MATERIALI E MEZZI.....	6
3.1	Armature metalliche.....	6
3.1.1	Trefoli tipo c.a.p.	6
3.1.2	Barre in acciai normali e speciali.....	6
3.1.3	Barre autoperforanti.....	6
3.1.4	Elementi in vetroresina.....	7
3.2	Apparecchi di testata.....	7
3.2.1	Dispositivi di bloccaggio.....	7
3.2.2	Piastre di ripartizione.....	7
3.3	Miscele di iniezione e loro componenti.....	8
3.3.1	Caratteristiche dei componenti.....	8
3.3.2	Caratteristiche finali delle miscele cementizie e dosaggi.....	9
3.4	Miscele bicomponenti per sistemi di bulloni autoperforanti.....	9
4	MODALITA' ESECUTIVE.....	10
4.1	Prescrizioni generali.....	10
4.2	Attrezzature.....	10
4.2.1	Perforazione.....	10
4.2.2	Impianti di miscelazione e pompaggio.....	11
4.2.3	Linee d'iniezione.....	12
4.2.4	Apparecchiatura di tesatura.....	12
4.3	Lavorazioni.....	13
4.3.1	Perforazione.....	13
4.3.2	Allestimento del tirante.....	14
4.3.3	Iniezione.....	14
5	CONTROLLI DI QUALITÀ.....	16
5.1	Generalità.....	16
5.2	Controlli di qualità degli ancoraggi.....	16
5.3	Controlli di qualità delle miscele di iniezione.....	16
5.4	Prove di carico.....	17
5.4.1	Prescrizioni generali.....	17
5.4.2	Prove di carico a rottura.....	17
5.4.2.1	Prove di rottura sui tiranti.....	18

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B2
Sezione n. 4: Demolizioni

5.4.3	Prove di collaudo	19
6	APPENDICE - NORME DI RIFERIMENTO	20

1 DEFINIZIONI

1.1 Tipologie di ancoraggio

Con il termine "ancoraggi" si comprendono: tiranti di ancoraggio, bulloni di ancoraggio e chiodi.

a- Tiranti di ancoraggio

Per tiranti di ancoraggio si intendono elementi strutturali connessi al terreno o alla roccia, in esercizio sollecitati unicamente a trazione.

Tali sforzi di trazione sono trasmessi dal tirante alla struttura da ancorare mediante una piastra di ripartizione detta testata di ancoraggio.

In relazione alle modalità di sollecitazione, i tiranti vengono distinti in:

- tiranti non presollecitati, detti passivi, nei quali la sollecitazione di trazione nasce quale reazione a seguito di una deformazione dell'opera ancorata;
- tiranti totalmente o parzialmente presollecitati, detti attivi, nei quali la sollecitazione di trazione è impressa in tutto o in parte all'atto del collegamento con l'opera ancorata.

In relazione alla durata di esercizio, i tiranti vengono distinti in:

- tiranti provvisori, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo limitato e definito a priori;
- tiranti permanenti, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo commisurato alla vita utile dell'opera ancorata.

b- Bulloni di ancoraggio

Si tratta di elementi strutturali che, in esercizio, sono sollecitati a trazione, e che sono in grado di assorbire anche eventuali sollecitazioni taglianti.

Si tratta quindi di tiranti particolari, i cui elementi caratteristici sono:

- armatura costituita da una singola barra;
- lunghezza in genere non superiore a 12 m;
- impiego prevalente in roccia e per consolidamento di scavi;
- solidarizzazione al terreno generalmente per semplice cementazione o per frizione concentrata o diffusa su tutta la lunghezza mediante dispositivi ad espansione meccanica.

Analogamente ai tiranti di ancoraggio è possibile distinguere i bulloni in base alle modalità di applicazione degli sforzi di trazione (attivi e passivi) e in base alla durata di esercizio (provvisori e permanenti).

I bulloni sono generalmente caratterizzati dalla peculiarità di possedere dispositivi di ancoraggio provvisorio o definitivo a espansione meccanica.

Tra i diversi sistemi di bullonatura, si identificano anche le barre autoperforanti che accoppiano la funzione portante alla perforazione con simultanea iniezione in modo da velocizzare le operazioni di installazione. In questo sistema, la barra autoperforante, di lunghezza generalmente non superiore a 6m, funge da asta di perforazione essendo dotata di punta di perforazione a perdere variabile a seconda del terreno.

c- Chiodi

Si tratta di ancoraggi tipicamente passivi, costituiti da elementi strutturali operanti in un dominio di taglio e trazione conseguente a una deformazione da taglio con l'armatura costituita da:

- barra in acciaio ad aderenza migliorata;
- profilato metallico;
- barra o tubo in vetroresina o altro materiale composito con superficie corrugata o scabra.

1.2 Elementi costitutivi degli ancoraggi

Nelle strutture di ancoraggio si distinguono gli elementi di seguito descritti.

1.2.1 Testata

Costituisce il dispositivo di ripartizione delle sollecitazioni di ancoraggio sulla opera ancorata; è normalmente costituita dalla piastra metallica di adeguate dimensioni, dotata di fori passanti per ospitare le armature, dai

relativi dispositivi di bloccaggio mediante dado e controdado o da cunei (clampettes), e dal condotto di iniezione ed eventuale di sfiato.

1.2.2 Armatura

E' l'elemento destinato a trasmettere le sollecitazioni dalle testate al terreno o alla roccia; è costituita da trefoli o barre, a seconda del tipo di ancoraggio, ed è completata da centratori, distanziatori, regge e puntale.

1.2.3 Tratto libero

È la parte di armatura non solidarizzata al terreno o alla roccia, la cui lunghezza caratterizza la deformabilità dell'ancoraggio.

1.2.4 Fondazione (bulbo di ancoraggio)

È il tratto di ancoraggio che viene solidarizzato al terreno o alla roccia, in ambito lontano dalla testata ed in fasce di terreno e roccia esenti da movimenti naturali o indotti da futuri scavi; lo sforzo di ancoraggio, se applicato in testata mediante presollecitazione e se comunque in seguito generatosi per spinta del terreno, si trasferisce alla "fondazione" e da questa al terreno per attrito fra il terreno e la superficie laterale dello stesso bulbo.

1.2.5 Dispositivi di protezione

La protezione di base del tirante è costituita dal corretto ricoprimento di ogni suo elemento mediante la miscela di iniezione.

In funzione della durata del tirante e del grado di protezione da raggiungere, il tirante deve essere munito di ulteriori elementi di protezione.

Guaine in materiali plastici

La guaina è un elemento costitutivo del tirante atto a proteggere l'armatura dalla corrosione:

- in corrispondenza del tratto libero la guaina è normalmente prevista in PVC flessibile, con funzione aggiuntiva di isolamento dei trefoli dalla iniezione di 1.a fase al fine di consentire l'allungamento elastico del tirante al variare del carico e consentire il trasferimento del carico negli strati di terreno più profondi, scelti per l'ancoraggio
- in corrispondenza della fondazione, o bulbo di ancoraggio, la guaina protettrice può essere prevista, o meno, in funzione del grado di protezione da raggiungere; se prevista, la guaina sarà in materiale plastico rigido e presenterà la superficie esterna a contatto del terreno opportunamente sagomata (grecata) per consentire l'ancoraggio del tirante al terreno; sarà dotata di centratori esterni, connessa tramite giunzioni a tenuta all'ogiva, o puntale terminale, ed al tampone del sacco otturatore; un condotto di iniezione, dotato di sfiato, consente di eseguire il riempimento a volume controllato dell'interno di questa guaina (bulbo interno); nel caso di tiranti a iniezioni selettive la guaina grecata è collegata alla canna di iniezione e reca incorporate delle valvole a manchettes.
- un elemento aggiuntivo di protezione è costituito dal ricoprimento dei trefoli, limitatamente alla parte libera: di norma vengono impiegati tubetti corrugati in PVC, polietilene o polipropilene, di diametro interno congruente con il diametro dei trefoli o delle barre; l'intercapedine tra la guaina e l'armatura deve essere perfettamente riempita con grasso meccanico chimicamente stabile, inalterabile e non saponificabile.

Centratori e distanziatori

Forma e numero dei centratori devono essere tali da consentire il centraggio dell'armatura nel foro di alloggiamento e nello stesso tempo non ostacolare il passaggio della miscela: tali peculiarità di assemblaggio del tirante sono atte a garantire il primo livello di protezione del tirante attraverso una corretta iniezione e ricopertura delle parti metalliche.

Per i tiranti aventi l'armatura costituita da un fascio di trefoli, questi dovranno essere simmetricamente disposti intorno al tubo centrale di iniezione e, in corrispondenza del tratto di fondazione, saranno inseriti in appositi distanziatori che, regolarmente intervallati con fascette di restringimento, permettono al fascio di trefoli di assumere un andamento sinusoidale a ventre e nodi che incrementa l'ancoraggio passivo dell'armatura nel bulbo.

Nella parte libera il posizionamento dei trefoli, parallelo al tubo di iniezione, è garantito da dispositivi direzionali; una guaina flessibile in PVC protegge e avvolge il tutto, permettendo nel contempo la massima libertà di allungamento ai trefoli stessi.

Dispositivi per l'iniezione

Nei tiranti a trefoli un tubo di iniezione in PVC è posto in asse al tirante per tutta la sua lunghezza ed è munito di valvole (manchettes) di iniezione disposte ad intervalli regolari in corrispondenza della parte cementata e di un tratto iniziale della parte libera.

Nella parte di bulbo, quando sia prevista l'iniezione selettiva a pressione valvola per valvola anche in fasi ripetute, le valvole saranno distribuite ad intervalli regolari decimetrici; queste valvole assicurano la diffusione della miscela di iniezione preferenzialmente secondo le generatrici del tirante favorendo una migliore aderenza delle armature al bulbo.

Per gli ancoraggi a barra il dispositivo di iniezione è costituito da un analogo tubo, disposto parallelamente all'armatura.

Nei tiranti di ancoraggio, fra il tratto libero e la fondazione, è di norma interposto un dispositivo di separazione, chiamato sacco otturatore, generalmente gonfiabile mediante iniezione a bassa pressione, con funzione di isolare la parte libera rispetto all'iniezione del bulbo; esso, dunque, è particolarmente necessario nei tiranti aventi inclinazione prossima all'orizzontale.

Ulteriori tubetti in PVC di sfiato, di riempimento del sacco otturatore, di sigillatura finale della parte libera, di sigillatura della testata, completano il sistema di iniezione dell'ancoraggio.

1.3 Norme di misurazione

La misurazione degli ancoraggi ai fini di applicazione delle corrispondenti voci di prezzo è eseguita a metro lineare di ancoraggio realizzato e seconda della tipologia e delle specifiche caratteristiche dell'ancoraggio previste in progetto.

1.3.1 Tiranti di ancoraggio

I tiranti sono computati a metro lineare di tirante per classe di tensione di esercizio, vengono computate a parte tutte le strutture di contrasto tipo travi di ripartizione che vengono contabilizzate a kg.

Le voci di prezzo comprendono:

- trefoli o trecce o barre di acciaio armonico stabilizzato anche del tipo preiniettato nuniti di guaina protettiva anticorrosiva;
- perforazione;
- dispositivi di bolccaggio;
- piastre di ripartizione e distanziatori.

1.3.2 Bulloni di ancoraggio

I bulloni sono computati per metro lineare di bullone a seconda della tipologia di bullone utilizzato.

1.3.3 Chiodi

I chiodi sono computati per metro lineare a seconda della tipologia di chiodo adottata.

2 PRESCRIZIONI GENERALI

2.1 Aspetti generali

- a) Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle indagini necessarie ad accertare l'eventuale presenza di ostacoli di qualsiasi natura che potrebbero interferire con gli ancoraggi da realizzare. Nel caso si accertasse la presenza di ostacoli, sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle eventuali opere di bonifica, mediante sostituzione e/o deviazione e/o rimozione di tali ostacoli prima di dare corso alle attività di realizzazione degli ancoraggi, previo accordo con la Direzione Lavori e, qualora gli ostacoli fossero rappresentati da pubblici servizi, con gli Enti Gestori dei medesimi.
- b) Preventivamente alla realizzazione degli ancoraggi, l'Appaltatore dovrà eseguire la ricerca ed eventuale eliminazione di ordigni bellici interrati.
- c) L'Appaltatore, in accordo col programma generale d'esecuzione dell'opera, dovrà redigere un programma esecutivo di dettaglio relativo agli ancoraggi, indicando il numero, la classe e la capacità operativa di tutte le attrezzature e gli impianti previsti per realizzarli.
- d) Sarà obbligo dell'Appaltatore adottare tutti gli accorgimenti previsti dalla normativa in vigore atti a ridurre e contenere ogni tipo di rischio e disturbo alle persone che eseguiranno i lavori nonché ai residenti delle zone in cui i lavori saranno eseguiti. Sarà altresì cura dell'Appaltatore evitare che le diverse operazioni possano arrecare danno ad opere e manufatti preesistenti.
- e) Sarà obbligo dell'Appaltatore provvedere all'individuazione delle discariche autorizzate presso le quali saranno depositati i materiali di risulta provenienti dall'esecuzione degli ancoraggi e dalle lavorazioni a loro connesse, incluse eventuali opere provvisoriale e di presidio. Il trasporto a discarica dei suddetti materiali dovrà essere eseguito utilizzando idonei mezzi dotati di contenitori e/o cassoni stagni in caso di materiali umidi. In ogni caso tale operazione dovrà essere eseguita nel rispetto delle leggi vigenti.
- f) Sarà cura dell'Appaltatore eseguire tutti i controlli e le prove prescritti dal presente Sezione di Capitolato, così come quelli integrativi che a giudizio della Direzione Lavori si rendessero necessari per verificare la qualità e le caratteristiche previste in progetto per gli ancoraggi.
- g) L'Appaltatore realizzerà tutte le opere provvisoriale e/o di presidio che si rendessero necessarie per la salvaguardia di opere preesistenti.
- h) Gli ancoraggi provvisori, salvo diverse prescrizioni progettuali, dovranno essere detensionati prima della fine dei lavori.

2.2 Soggezioni geotecniche ed ambientali

Sulla base delle indicazioni contenute nelle [Raccomandazioni AICAP e UNI EN 1537:2013](#), l'Appaltatore dovrà svolgere tutte le indagini sulle situazioni: topografiche, geologiche, geotecniche e ambientali.

Dovranno essere valutati i rischi di corrosione delle armature e di aggressione chimico-fisica dei bulbi di ancoraggio, tenendo in conto che l'azione aggressiva è esaltata dal movimento dell'acqua, dalla temperatura elevata e dalle correnti vaganti.

L'ambiente è da considerarsi aggressivo nei riguardi del cemento anche se è verificata una sola delle condizioni qui di seguito indicate:

- grado idrotimetrico dell'acqua del terreno in falda minore di 3 gradi °F;
- valore del pH dell'acqua minore di 6;
- contenuto in CO₂ disciolta nell'acqua, maggiore di 30 mg/l;
- contenuto in NH₄ nell'acqua maggiore di 30 mg/l;
- contenuto in MG nell'acqua minore di 300 mg/l;
- contenuto in SO₄ nell'acqua maggiore di 200 mg/l;
- contenuto in SO₄ nel terreno maggiore di 2000 mg/Kg

In ambiente aggressivo l'idoneità del tipo di cemento dovrà essere verificata dall'Appaltatore in accordo a quanto prescritto nelle [UNI 9156](#) e [UNI 9606](#) e l'impiego dello stesso dovrà essere autorizzato dalla Direzione Lavori

Dovrà essere verificata l'esistenza di eventuali falde in movimento e, nel caso, prese tutte le precauzioni per garantire la stabilità delle iniezioni da eseguire (Vedi anche [UNI 9606](#)).

In caso di perforazioni eseguite sotto quota di falda, l'Appaltatore dovrà assumere tutte le precauzioni tecnologiche necessarie per evitare efflussi non controllati di acqua e/o di materiali in posto dal foro nel corso delle diverse fasi realizzative dell'ancoraggio.

Di norma le perforazioni dovranno essere eseguite con rivestimento provvisorio, e con circolazione di fluidi per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile.

I fluidi di perforazione potranno essere costituiti da: acqua o aria (nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro, o in altri casi proposti dall'Appaltatore e accettati dalla Direzione Lavori).

Le pressioni di iniezione e la sequenza operativa dovranno essere determinate in modo da non provocare inconvenienti, quali sollevamenti nelle adiacenze, comunicazioni con perforazioni vicine o con ancoraggi il cui bulbo iniettato non abbia ancora raggiunto adeguato indurimento. A tal fine l'Appaltatore, sulla base anche delle prove tecnologiche preliminari dovrà studiare la corretta sequenza di esecuzione.

2.3 Prove tecnologiche preliminari

Le scelte delle attrezzature, delle tipologie di ancoraggio e delle modalità esecutive dovranno essere sottoposte dall'Appaltatore alla Direzione Lavori per le necessarie approvazioni.

L'Appaltatore ha comunque l'obbligo di eseguire delle prove tecnologiche preliminari (campo prova) spinte sino alle prove di tesatura, secondo modalità di seguito descritte, per verificare che le attrezzature, le tipologie di ancoraggio e le modalità di esecuzione da lui proposte permettano il conseguimento dei fini progettuali preposti.

Il "progetto del campo prova" dovrà essere preventivamente sottoposto all'approvazione della Direzione Lavori; il "progetto" dovrà al minimo indicare: tipologia, composizione e numero degli ancoraggi che si intendono eseguire, ubicazione e profondità di realizzazione, modalità esecutive di perforazione ed iniezione con relativi parametri adottati, modalità di controllo mediante tesatura, nonché prove di laboratorio su campioni di miscela; sarà inoltre precisata la data di esecuzione del campo prove perché la Direzione Lavori possa presenziarvi.

A seguito del campo prove e conseguenti verifiche, l'Appaltatore presenterà alla Direzione Lavori:

- la relazione consuntiva di quanto eseguito, dettagliando ogni operazione e fase esecutiva
- la nota interpretativa dei risultati
- il proprio piano esecutivo, specificando il metodo di lavoro che sarà adottato ed eventuali variazioni rispetto alle definizioni preventive al campo prove; in particolare, nel piano esecutivo dovrà specificare:
 - la tipologia di ancoraggio che adotterà
 - la metodologia esecutiva prescelta
 - la distanza minima da mantenere tra assi nel processo di perforazione e di iniezione
 - il tipo di controlli che adotterà per garantire la salvaguardia ambientale
 - il numero e la produzione delle attrezzature che impiegherà per rispettare il Programma Lavori

In ogni caso l'Appaltatore resterà responsabile delle modalità adottate ai fini dell'efficienza degli ancoraggi eseguiti e delle tempistiche realizzative.

2.4 Preparazione del piano di lavoro e tracciamenti

Il piano di lavoro dovrà essere predisposto con una gettata di magrone o con un riporto pressato di materiale arido drenante. Il piano di lavoro dovrà essere mantenuto pulito, illuminato e sempre agevolmente percorribile dalle attrezzature impiegate e dal personale addetto al loro funzionamento e controllo.

Dovranno essere predisposte apposite canalette di raccolta e di scolo, opportunamente posizionate ed inclinate per il deflusso di fluidi e dei detriti di perforazione, oltre che delle acque di scarico e meteoriche, in appositi punti di raccolta (pozzetti), dai quali, per mezzo di pompe o di altri sistemi di aggettamento, saranno definitivamente allontanate.

L'Appaltatore resta comunque responsabile della idoneità del piano di lavoro predisposto in termini di operatività dei mezzi previsti e di sicurezza del personale.

Prima di iniziare il lavoro, l'Appaltatore dovrà indicare la posizione degli ancoraggi in corrispondenza dell'asse di ciascun elemento:

- sul terreno mediante appositi picchetti
- sulle esistenze murarie mediante riferimenti grafici indelebili

Qualsiasi sistema utilizzato per il tracciamento dei fori dovrà consentire l'individuazione e la numerazione di ogni ancoraggio in qualsiasi momento, anche ad intervento concluso.

2.5 Tolleranze di costruzione

Gli ancoraggi dovranno essere realizzati nella posizione di progetto con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto o richieste dalla Direzione Lavori:

- coordinate planimetriche dell'asse dell'ancoraggio nel punto di intestazione: ± 5 cm
- scostamento dall'asse teorico: $\pm 2\%$
- lunghezza: ± 10 cm

3 MATERIALI E MEZZI

3.1 Armature metalliche

3.1.1 Trefoli tipo c.a.p.

Per la realizzazione di tiranti a trefoli si utilizzeranno trefoli di acciaio al carbonio laminato a caldo in conformità alle Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso.

Non sono ammesse saldature o giunzioni nei trefoli o nei fili componenti i trefoli.

Ogni partita di tiranti, ed ogni bobina se i tiranti saranno assemblati in cantiere, sarà accompagnata da un certificato d'origine con i dati delle prove eseguite e l'indicazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche, delle prove e analisi eseguite ed i diagrammi sforzi/deformazioni.

A meno di particolari esigenze, si utilizzeranno trefoli $\Phi 6/10$ " in acciaio armonico; le caratteristiche di un trefolo sono:

- componenti : 7 fili $\Phi 5$ mm
- diametro nominale : 15.20 mm
- sezione nominale : 139 mm²
- tensione effettiva all'1% di allungamento : 225 kN
- tensione di rottura effettiva : 250 kN
- modulo elastico : $E = 200 \div 205$ kN/mm²
- limite elastico convenzionale allo 0.1% : $f_{p(1)k} = 1600$ N/mm²
- tensione di rottura : $f_{ptk} \geq 1800$ N/mm²
- allungamento a rottura su 610 mm : $5.2 \div 5.1$ %
- peso : 1.1 kg/m

Di conseguenza le tensioni ammissibili sono:

- in esercizio : $\sigma_a \leq 0.6 f_{ptk}$
- in fase provvisoria : $\sigma_{ai} \leq 0.85 f_{p(1)k}$

a cui corrispondono i seguenti valori dei carichi di trazione:

- in esercizio : $T \leq 150$ kN
- in fase provvisoria (*) : $T_i \leq 180$ kN

(*) per prove di collaudo o per brevi fasi di carico temporanee

3.1.2 Barre in acciai normali e speciali

Per la realizzazione di tiranti a barre, bulloni e chiodi, si utilizzeranno barre in acciaio del tipo ad aderenza migliorata (a.m), di qualità e caratteristiche conformi a quanto specificato nelle Norme Italiane.

E' consentito, ove espressamente previsto dai disegni di progetto o autorizzato dalla Direzione Lavori, l'impiego di barre in acciai speciali ed anche a filettatura continua o appositamente sagomati in modo tale da consentire l'aderenza meccanica continua su tutta la lunghezza di ancoraggio a seguito dell'espansione per pressione. Le caratteristiche di tali acciai dovranno essere certificate dal produttore, e verificate a norma dei regolamenti già richiamati.

3.1.3 Barre autoperforanti

Laddove previsto in progetto per il consolidamento e la stabilizzazione dello scavo in galleria naturale, si dovranno utilizzare barre autoperforanti tipo DYWI Drill, con le seguenti caratteristiche:

- tipologia: R38
- sezione trasversale 660-800-mm
- carico snervamento $F_{yk} = 350-450$ kN

- carico ultimo $F_{yk} = 420-550 \text{ kN}$

3.1.4 Elementi in vetroresina

Per la realizzazione di chiodi potranno essere utilizzati anche elementi in vetroresina.

Con "vetroresina" si intende un materiale composito le cui componenti di base sono tessuti di fibre di vetro e/o fibre di vetro o aramidiche (fibre sintetiche ad alta resistenza meccanica), legati fra loro da una matrice di resine termoindurenti opportunamente polimerizzate (poliesteri e resine epossidiche). Il materiale è fortemente anisotropo e quindi si dovrà tenere conto, per il suo corretto impiego, della disposizione delle fibre di rinforzo.

Di norma i chiodi in vetroresina saranno a sezione circolare, piena o cava, con diametri variabili da 20 a 60 mm; per i profilati a sezione cava si richiedono spessori minimi non inferiori a 5 mm.

I chiodi di vetroresina di sezione circolare cava potranno essere forniti di valvole di iniezione.

Ove necessario, o espressamente richiesto dal progetto o dalla Direzione Lavori, le barre dovranno essere del tipo ad aderenza migliorata, ad esempio mediante trattamento di filettatura continua.

L'impiego di profilati con sezioni di geometria particolare (a doppio T, ad U, prismatica) potrà essere consentito, previa autorizzazione della Direzione Lavori

I materiali utilizzati dovranno essere certificati dal produttore.

Le caratteristiche minime richieste sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 3.1 – Caratteristiche e limiti di accettabilità delle vetroresine per chiodi

CARATTERISTICHE	UNITA' DI MISURA	MATRICE		NORME DI RIF.
		POLIESTERE	RESINA EPOSSIDICA	
Massa di volume	Kg/dm ³	16.5÷18.5	18.5 19.5	UNI 7092/72; ISO 10406-1, 5
Contenuto di vetro in percentuale della massa	%	50÷70	60÷75	--
Resistenza a trazione	MPa	400÷650	> 800	UNI 5819/66; ISO 10406-1, 6 - ASTM D 638
Resistenza a flessione	MPa	300÷600	> 750	ISO 10406-1, 7; UNI 7219/73 - ASTM D 790
Resistenza al taglio	MPa	> 85	> 120	ISO 10406-1,13; ASTM D 732
Resistenza a compressione	MPa	150÷300	> 450	UNI EN ISO 604:1998 - ASTM D 695
Modulo di elasticità	MPa	15000÷32000	35000÷42000	ISO 10406-1,6; UNI 5819/66

3.2 Apparecchi di testata

3.2.1 Dispositivi di bloccaggio

I dispositivi di bloccaggio dei tiranti a trefoli dovranno essere conformi alle disposizioni Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP ed eventuali successivi aggiornamenti e alla UNI 1537.2013; per i bulloni si farà invece riferimento al DM 17 gennaio 2018 - par.4.2. ed eventuali aggiornamenti.

3.2.2 Piastre di ripartizione

Si adotteranno piastre di ripartizione le cui dimensioni vanno scelte in relazione alle caratteristiche geometriche e di portata dei tiranti ed alle caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale e della struttura di contrasto; in ogni caso la singola piastra dovrà avere spessore di almeno 15 mm e dimensioni tali da trasferire alla sottostante struttura, se in calcestruzzo, pressioni inferiori a 7 N/mm².

3.3 Miscele di iniezione e loro componenti

3.3.1 Caratteristiche dei componenti

L'Appaltatore, preventivamente all'inizio dei lavori dovrà accertarsi che tutti i componenti le miscele di iniezione, aventi le caratteristiche di seguito specificate, siano disponibili in quantità sufficiente a coprire l'intero fabbisogno per l'esecuzione degli ancoraggi previsti in progetto, nelle scadenze indicate dal programma lavori. Ogni qualvolta si verificheranno variazioni delle caratteristiche dei materiali, l'Appaltatore dovrà fornire le prove di accettabilità dei materiali previste in capitolato ed eventuali integrative richieste dalla Direzione Lavori

Cemento

Il cemento impiegato deve essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

Il cemento deve possedere le caratteristiche di cui alla tabella allegata.

CARATTERISTICHE			PROVE	
DESCRIZIONE	LIMITI DI ACCETTABILITA'		NORME	FREQUENZA IN CORSO D'OPERA
Analisi chimiche e perdite al fuoco	DM 20.11.84 art. unico		DM 3.6.68 art. 11-14	1 ogni 90 t
Resistenza a compressione	DM 3.6.68	art. 1	DM 3.6.68 art. 10	1 ogni 90 t
Resistenza a flessione	DM 3.6.68	art. 1	DM 3.6.68 art. 10	1 ogni 90 t
Finezza con vagli	DM 3.6.68	art. 3	DM 3.6.68 art. 6	1 ogni 90 t
Indeformabilità	DM 3.6.68	art. 4	DM 3.6.68 art. 8	1 ogni 90 t
Calore di idratazione	da eseguire	a 3-7-28 gg	UNI 7208	1 ogni 90 t
Espansione in autoclave	DM 3.6.68	art. 4	DM 3.6.68 art. 8	nota: solo per cemento altoforno con MgO < 7%
Tempo di presa	DM 3.6.68	art. 5	DM 3.6.68 art. 9	1 ogni 90 t

Inerti

Sarà possibile di norma utilizzare solo inerti costituiti da polveri di calcare, o ceneri volanti, previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Nel caso di impiego di ceneri volanti, ad esempio provenienti dai filtri di altoforni, si dovrà utilizzare materiale totalmente passante al vaglio da 0.075 mm.

Acqua di impasto

Si utilizzerà acqua dolce, limpida e scevra di materie terrose, non inquinata da materie organiche; dovrà essere definita la sua provenienza ed avere caratteristiche costanti nel tempo e rispondenti ai requisiti in tabella sottostante ed alle norme relative vigenti.

Caratteristica	Tipo di prova	Limiti di accettabilità
pH	Analisi chimica	da 6,0 a 8,5
Contenuto solfati	Analisi chimica	SO ₄ ⁻ minore 800 mg/litro
Contenuto cloruri	Analisi chimica	CL ⁻ minore 300 mg/litro
Contenuto acido solfidrico	Analisi chimica	minore 50 mg/litro
Contenuto sali minerali	Analisi chimica	minore 3000 mg/litro
Con. di sostanze organiche	Analisi chimica	minore 100 mg/litro
Con. di sostanze solide sospese	Analisi chimica	minore 2000 mg/litro

Additivi

Il loro impiego, come per ogni altro componente, dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nella composizione della miscela della malta cementizia progettata.

Tutti gli additivi impiegati dovranno essere conformi alle norme vigenti e per tutti sarà richiesta una specifica documentazione indicante le caratteristiche chimico-fisiche nonché la "spettrografia dell'analisi a raggi infrarossi" che attesti la totale corrispondenza del prodotto alle specifiche dichiarate.

Tali prodotti dovranno essere conformi alle norme vigenti preferibilmente corrispondenti alla EN 934 parte 2 e la serie collegata EN 480 parti 1÷12 relative ai metodi di prova. Sarà cura dell'Appaltatore inviare preventivamente alla Direzione Lavori la documentazione tecnica basata su un'ampia sperimentazione pratica su tipo, dosaggi ottimali ed eventuali effetti collaterali dell'additivo sulla malta da utilizzare.

Particolare cura dovrà essere posta nel controllo del mantenimento nel tempo della lavorabilità del prodotto ottenuto.

E' ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari, con l'autorizzazione della Direzione Lavori. I prodotti commerciali che l'Appaltatore si propone di usare dovranno essere certificati e sottoposti all'approvazione preventiva della Direzione Lavori.

Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere accompagnati dalla relativa scheda di sicurezza.

3.3.2 Caratteristiche finali delle miscele cementizie e dosaggi

Caratteristiche di resistenza e dosaggi

Di norma la resistenza cubica da ottenere per le miscele cementizie di iniezione deve essere:

$$R_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$$

A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$$a/c \cong 0.5$$

Composizione delle miscele cementizie

La composizione delle miscele di iniezione, riferita ad 1 mc di prodotto, è:

acqua	: 600 kg
cemento	: 1200 kg
additivi	: 10 ÷ 20 kg*

* la quantità indicata deve essere verificata in funzione del tipo e delle prescrizioni del fornitore.

Il peso specifico è pari a circa:

$$\gamma = 1.8 \text{ kg/dmc.}$$

3.4 Miscele bicomponenti per sistemi di bulloni autoperforanti

Per gli interventi di consolidamento e presostegno degli scavi della galleria naturale, laddove indicato nei disegni di progetto, si applicherà un sistema di bulloni autoperforanti con il ricorso a miscele di iniezione poliuretaniche bicomponenti a base di silicato di sodio, isocianato aromatico e additivi (tipo MEYCO MP 355 A3 e/o similari), prive di solventi e altamente reattive in grado di reagire sia in presenza o meno di acqua.

I componenti A e B della miscela dovranno avere le seguenti caratteristiche

Dati tecnici	Viscosità (mPa * sec)	Densità (kg/lt)
Componente A	250	1,00
Componente B	200	1,25
Accelerante	500	1,00

I componenti A e B vengono iniettati in proporzione di 1:1 (in volume) utilizzando una pompa d'iniezione a due componenti dotata di ugello miscelante statico di linea.

Dovrà essere prevista l'applicazione di accelerante, in una percentuale dello 0,5-1% rispetto al peso della componente A in grado di garantire una schiuma densa e consistente, a ridotto aumento volumetrico (inferiore a 10) in modo da garantire una presa rapida e il conseguimento di elevate caratteristiche meccaniche.

I prodotti dovranno essere conformi alla UNI EN ISO 9001:2000

4 MODALITA' ESECUTIVE

4.1 Prescrizioni generali

Di seguito si indicano le norme tecniche di base che l'Appaltatore dovrà rispettare nella realizzazione degli ancoraggi; l'Appaltatore è comunque responsabile della qualità del prodotto finale fornito.

Le attrezzature di perforazione dovranno permettere di realizzare perforazioni con le inclinazioni e le lunghezze previste in progetto.

Numero e potenza delle attrezzature dovranno essere adeguati per raggiungere le profondità di progetto e per rispettare il Programma Lavori.

La sequenza operativa deve essere tale per cui le attività in corso su di un tirante non abbiano influenza sulle attività in corso su tiranti prossimi, in particolare sulla fase di presa delle miscele iniettate; in funzione del terreno interessato dalle lavorazioni, l'Appaltatore proporrà una sequenza operativa alla approvazione della Direzione Lavori.

L'Appaltatore è comunque obbligato a segnalare eventuali comunicazioni che venissero rilevate fra il tirante in corso di esecuzione e quanti precedentemente eseguiti (comunicazioni di aria, acqua o miscele iniettate, anche attraverso condotti di iniezione e guaine di protezione dei trefoli; parziali svuotamenti di iniezioni fresche, ecc), circostanze che porteranno a rivalutare la sequenza esecutiva adottata.

4.2 Attrezzature

4.2.1 Perforazione

Tutte le attrezzature di perforazione, prima di essere ammesse in cantiere dovranno ricevere l'approvazione della Direzione Lavori.

In ogni caso devono essere conformi a tutte le norme di sicurezza ed igiene del lavoro vigenti alla data di prima entrata in cantiere.

Numero e potenza delle attrezzature dovranno essere adeguati a raggiungere le profondità di progetto ed a rispettare il programma cronologico di esecuzione dei lavori, presentato prima dell'inizio delle lavorazioni alla Direzione Lavori, e con questa concordato.

Per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche esse dovranno rientrare nelle seguenti prescrizioni tecniche:

- la potenza necessaria potrà essere erogata da un motore diesel o elettrico, la cui scelta potrà essere anche funzione dell'ambiente operativo,
- la trasmissione dell'energia dovrà avvenire per mezzo di un circuito oleodinamico,
- la giunzione e lo svitamento della batteria di perforazione dovranno avvenire per mezzo di apposite morse,
- tutte le attrezzature adottate, in particolare quelle utilizzate per le indagini geognostiche, dovranno essere predisposte all'installazione dell'attrezzatura necessaria al rilevamento dei parametri di perforazione ed iniezione,
- l'attrezzatura di rilevamento automatico dei parametri di perforazione dovrà essere in grado di acquisire e restituire i parametri in specifica ed in ogni caso la sua adozione dovrà essere preventivamente accettata dalla Direzione Lavori,
- le leve di comando utilizzate dall'operatore dovranno essere opportunamente servoassistite, le operazioni in corso di svolgimento dovranno essere facilmente gestibili per mezzo di dispositivi parzializzatori e controllabili per mezzo di manometri ed apposite spie,
- in corrispondenza di ogni leva, dispositivo di parzializzazione, manometro, spia e quant'altro utilizzabile dall'operatore per il funzionamento dell'attrezzatura, dovranno essere applicate apposite targhette che identifichino chiaramente la funzione del comando e la direzione nella quale deve essere mosso per ottenerlo
- tutte le leve devono tornare automaticamente in posizione di folle in caso di rilascio e devono essere opportunamente protette per impedirne l'inserimento in caso di urti accidentali,
- la stabilizzazione dell'attrezzatura sul foro da perforare dovrà avvenire per mezzo di appositi martinetti,

- l'attrezzatura dovrà essere semovente, dotata di cingoli o ruote a scelta dell'Appaltatore, ma comunque in grado di muoversi liberamente sul piano di lavoro disponibile sulle singole aree d'intervento,
- in funzione della dimensione dell'attrezzatura devono essere installati uno o più dispositivi d'emergenza facilmente identificabili ed azionabili da chiunque per l'immediato arresto di qualsiasi operazione in corso.

L'attrezzatura deve essere accompagnata da apposito manuale di funzionamento e catalogo ricambi; la medesima deve rispettare quanto eventualmente prescritto dal regolamento comunale.

Nel corso delle perforazioni dovranno essere registrati in automatico, su richiesta della Direzione Lavori, almeno i seguenti parametri di perforazione:

- spinta,
- coppia,
- velocità di avanzamento.

I valori registrati saranno restituiti in diagrammi rappresentativi e consegnati, anche su supporto magnetico, alla Direzione Lavori.

Qualora per la lettura e l'interpretazione di detti supporti fosse necessario uno specifico programma, sarà cura dell'Appaltatore fornirne una copia ufficiale e completa alla Direzione Lavori.

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercolazione, con o senza rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Indicativamente, le portate dovranno poter raggiungere i 200 l/min con valori di pressione attorno ai 25 bar.

Nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo-foro si utilizzeranno compressori con caratteristiche di portata e di pressione adeguate alle prescrizioni di uso dei martelli perforatori adottati.

4.2.2 Impianti di miscelazione e pompaggio

Le miscele saranno confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico, costituiti dai seguenti principali componenti:

- bilance elettroniche per componenti solidi;
- vasca volumetrica per l'acqua o contaltri elettronici regolabili;
- mescolatore primario ad elevata turbolenza, min. 1500 giri/min.;
- vasca di agitazione secondaria;
- iniettori idraulici con appositi dispositivi di controllo della portata e della pressione, in grado di fermare/rallentare automaticamente la macchina quando i valori impostati stanno per essere raggiunti;
- misuratori di portata volumetrici o flussimetri elettronici, entrambi dotati di dispositivo automatico per il fermo dell'iniettore a quantitativo programmato raggiunto.

Gli impianti di preparazione delle miscele con cementi microfini, nel caso non venissero adottati prodotti preventivamente macinati, dovranno essere attrezzati con dispositivi di macinazione e separazione necessari a rendere la finezza media dei prodotti utilizzati, come da indicazioni previste dal progettista.

La stazione di pompaggio dovrà essere dotata di un numero minimo di iniettori in grado di soddisfare lo svolgimento delle lavorazioni nei tempi e nei ritmi indicati nel programma lavori.

Gli iniettori saranno comandati da un circuito oleodinamico in grado di garantire le seguenti caratteristiche tecniche:

- pressione max di iniezione : ≥ 100 bar
- portata massima : 50 l/min
- portata minima : 12 ÷ 15 l/min
- dispositivo automatico della rottura della guaina (che consenta di raggiungere la max pressione senza modificare i valori di portata e pressione massimi impostati per il ciclo normale d'iniezione)

Prima dell'invio in cantiere delle attrezzature prescelte dall'appaltatore, dovranno essere consegnate alla Direzione Lavori, per approvazione, le relative schede tecniche, specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoni.

Le pompe d'iniezione dovranno essere predisposte ed attrezzate per il rilevamento automatico dei parametri d'iniezione, utilizzando un sistema di cui l'Appaltatore dovrà sottoporre alla Direzione Lavori, per approvazione, la necessaria documentazione tecnica prima dell'avvio delle lavorazioni.

Durante il trattamento d'iniezione l'Appaltatore dovrà procedere al rilevamento sistematico dei parametri d'iniezione richiesti, per tutti i fori e con qualsiasi miscela iniettata, guaina compresa.

Sarà facoltà della Direzione Lavori ridurre il numero e la frequenza dei suddetti rilevamenti, fino alla loro eventuale sospensione, in tutte quelle fasi lavorative in cui non saranno rilevate le motivazioni tecniche e/o di sicurezza ritenute determinanti.

I parametri per i quali sarà necessario eseguire il rilevamento in automatico saranno:

- pressioni di iniezione,
- portata di iniezione,
- volume iniettato in ogni sezione,
- profondità dell'otturatore e/o identificazione della sezione/valvola in trattamento,
- durata del trattamento per ogni singola sezione.

I parametri richiesti dovranno essere resi per ogni foro trattato e per ogni fase d'iniezione richiesta.

Dovranno essere riportati graficamente in diagrammi singoli o combinati, in una scala che ne consenta un'agevole interpretazione; al completamento di ogni zona di trattamento dovranno essere forniti alla Direzione Lavori anche i relativi supporti magnetici con i necessari riferimenti ad ogni singola sezione di ogni singolo foro.

Qualora per la lettura e l'interpretazione di detti supporti fosse necessario uno specifico programma, sarà cura dell'Appaltatore fornirne una copia ufficiale e completa alla Direzione Lavori.

Le pompe di iniezione saranno ad alta pressione e dovranno essere dotate di appositi dispositivi automatici di sicurezza che, in caso di anomale sovrappressioni, ne blocchino il funzionamento. Le loro caratteristiche dovranno essere comunicate dall'Appaltatore alla Direzione Lavori prima dell'inizio lavori. Le pompe dovranno essere provviste di manometri installati direttamente sulla mandata ed in prossimità del raccordo tra i tubi ad alta pressione e la batteria delle aste di iniezione. I manometri, di primo impiego, dovranno essere sigillati e muniti di un certificato ufficiale di taratura non anteriore a 3 mesi. Successivamente, con frequenze minime mensili, o inferiori, i manometri dovranno essere verificati direttamente in cantiere con apposita attrezzatura di taratura opportunamente certificata, o, a scelta dell'Appaltatore, in un laboratorio esterno di gradimento della Direzione Lavori. Alle operazioni di verifica dovrà assistere un responsabile della Direzione Lavori, il quale dovrà siglare per approvazione, il verbale che per ogni controllo verrà redatto dall'esecutore della prova. Le pompe dovranno essere dotate di dispositivi che consentano la regolazione della portata.

4.2.3 Linee d'iniezione

Le linee di convogliamento dei fluidi di iniezione dovranno rispettare i requisiti specifici connessi con le pressioni massime richieste oltre 100 bar:

- gli angoli saranno arrotondati
- le connessioni andranno incatenate fra loro
- la condotta andrà fissata ad intervalli contenuti a punti inamovibili
- dovranno essere dotate di appositi fusibili di protezione, in caso di superamento di predeterminati valori della pressione in linea
- in prossimità della sonda sarà predisposto un cavalletto che, in caso di necessità durante il corso dell'iniezione, consenta l'istantanea deviazione del fluido su altra linea comunicante con l'atmosfera.
- i punti operativi (centrale e tirante) saranno in comunicazione radio-telefonica, prevedendosi segnalazioni sonore di chiamata adeguate alla rumorosità degli impianti

4.2.4 Apparecchiatura di tesatura

In cantiere saranno disponibili le attrezzature di tesatura quali pompa, collegamenti elettro-idraulici, martinetti, manometri e comparatori, da sottoporre a frequenti controlli.

Il cantiere sarà inoltre dotato di un manometro campione con la possibilità di montarlo sulla pompa in parallelo con il manometro di servizio: tale manometro campione deve risultare tarato presso laboratorio Ufficiale in data non anteriore a 6 mesi.

4.3 Lavorazioni

4.3.1 Perforazione

La scelta del sistema di perforazione è, in funzione del tipo di terreno, di esclusiva responsabilità dell'Appaltatore.

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercolazione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi di raffreddamento e di allontanamento dei detriti di perforazione, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Nel caso di fori a pareti stabili il rivestimento potrà essere in parte o del tutto omesso, previa approvazione della Direzione Lavori.

Sistemi alternativi di perforazione, e/o di consolidamento preventivo del terreno finalizzati a limitare l'uso del rivestimento provvisorio, saranno sottoposti dall'Appaltatore alla approvazione della Direzione Lavori.

In caso di perforazioni intestate sotto quota di falda l'Appaltatore, preventivamente all'avvio delle operazioni, sottoporrà alla approvazione della Direzione Lavori le tecniche che adotterà al fine di prevenire fuoriuscite di acqua e terreno dal foro nel corso della sua esecuzione.

Per consentire l'inserimento del tirante e la realizzazione della guaina di iniezione esterna di opportuno spessore, il diametro di perforazione corrisponderà alla prescrizione di progetto, salvo maggiori esigenze indicate dal "fabbricante" dei tiranti preconfezionati, in funzione delle effettive dimensioni dell'elemento da inserire.

Numero e potenza delle attrezzature dovranno essere adeguati a raggiungere le profondità di progetto ed a rispettare il programma cronologico di esecuzione dei lavori, concordato con la Direzione Lavori.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate e facilmente regolabili.

I fluidi di perforazione che potranno essere utilizzati sono:

- acqua;
- aria, nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro, o in altri casi approvati dalla Direzione Lavori.

Si esclude l'utilizzo di fanghi bentonitici ed anche cementizi non completamente sostituibili prima dell'inserimento del tirante.

Qualsiasi tecnologia di perforazione adottata dovrà essere eseguita con attrezzature rispondenti alle norme di sicurezza ed igiene ambientale e comunque in assoluta osservanza dei regolamenti comunali, in vigore alla data dell'esecuzione delle lavorazioni.

In particolare, nel caso di impiego della rotopercolazione, sia mediante martello a fondo foro che mediante dispositivi di battuta applicati alla testa di rotazione l'Appaltatore dovrà assicurare il rispetto delle norme UNI 9916-DIN 4150-3, in merito ai limiti delle vibrazioni, e quanto altro in merito ai limiti di rumorosità in ambiente urbano.

La Direzione Lavori, a sua discrezione, può richiedere all'Appaltatore di eseguire misure di controllo del rumore e delle vibrazioni indotte dalle attrezzature impiegate, con oneri e spese a carico del medesimo Appaltatore.

Tutti i materiali di risulta, inclusi i fluidi, dovranno essere allontanati dal cantiere, trasportandoli nelle apposite discariche utilizzando mezzi di trasporto idonei; in particolare per i detriti liquidi dovranno essere utilizzati cassoni stagni. In presenza di valori anomali del pH, i liquidi dovranno essere opportunamente trattati o, se possibile, riciclati.

La sequenza di perforazione sarà sempre tale da non disturbare assolutamente il processo di indurimento di guaine in fori di recente esecuzione, né da creare vie di fuga ad iniezioni a pressione in corso: la Direzione Lavori stabilirà un minimo di distanze nella successione delle perforazioni e dalle aree in cui siano in corso delle fasi di iniezioni.

L'Appaltatore presenterà giornalmente la sequenza di perforazione ed iniezione studiata per rispettare i vincoli sopra descritti: la Direzione Lavori potrà richiedere variazioni ad essa.

L'Appaltatore è comunque obbligato a segnalare eventuali comunicazioni che venissero rilevate tra i fori in qualsiasi fase lavorativa. È facoltà e discrezione della Direzione Lavori, modificare, variando le distanze, gli interassi minimi stabiliti prima di ogni fase operativa nell'ambito di una zona circoscritta.

Eventuali comunicazioni del fluido di perforazione con fori in fase di esecuzione di guaina e/o con fori aventi guaina non ancora maturata (almeno 4÷6 ore dalla fine del riempimento del foro), obbligheranno l'immediata

interruzione della perforazione e la ripresa della guaina disturbata mediante completa sostituzione; circostanze non corrette tempestivamente comporteranno l'abbandono dell'asse disturbato ed il suo rifacimento a spese dell'Appaltatore.

Oltre alla registrazione in automatico dei parametri di perforazione, saranno annotate le variazioni stratigrafiche risultanti dall'esame del detrito di perforazione ed eventuali anomalie quali le perdite di acqua od altre.

4.3.2 Allestimento del tirante

Completata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

Di norma quindi si eseguiranno le seguenti operazioni:

- a) riempimento del foro con miscela cementizia (cementazione di 1^a fase);
- b) introduzione del tirante; le fasi a) e b) potranno essere invertite nel caso di completo rivestimento del foro
- c) riempimento dei dispositivi di separazione e protezione interni (sacco otturatore, bulbo interno);
- d) esecuzione delle iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati;
- e) posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- f) prove di carico di collaudo;
- g) tensionamento del tirante;
- h) iniezione della parte libera (per tiranti definitivi);
- i) protezione della testata (per tiranti definitivi).

NOTE

L'introduzione del tirante prima del riempimento di 1^a fase può essere eseguita, previa autorizzazione della Direzione Lavori solo qualora:

- la perforazione sia interamente rivestita;
- il tirante sia dotato della valvola di fondo esterna all'ogiva;
- il riempimento avvenga contemporaneamente all'estrazione dei rivestimenti e siano operati gli eventuali rabbocchi finali;

I trefoli ed i condotti di iniezione dovranno essere opportunamente prolungati fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezioni e di tesatura; la parte di trefoli che fuoriesce è chiamata "frusta";

Il sacco otturatore deve essere di norma obbligatoriamente previsto nei casi in cui i tiranti siano orizzontali o debolmente inclinati ($i \leq 25^\circ$).

4.3.3 Iniezione

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato. Si utilizzerà una miscela cementizia conforme a quanto indicato al Capitolo 4.

In caso di perforazioni intestate sotto quota di falda o di esistenza di falde in movimento, preventivamente all'avvio delle operazioni l'Appaltatore sottoporrà alla approvazione della Direzione Lavori le metodologie che adotterà al fine di prevenire disturbi delle miscele nel corso delle iniezioni e delle successive fasi di indurimento.

Previamente alla esecuzione delle iniezioni in pressione l'Appaltatore eseguirà le seguenti operazioni:

- a) la taratura delle cadute di pressione su ciascuna linea di iniezione, completa di iniettore, linea di adduzione di lunghezza misurata e pistoncino terminale; ciascuna linea verrà quindi perfettamente identificata mediante riscontri inamovibili ed il rapportino di taratura sarà consegnato alla Direzione Lavori ed i valori di pressione successivamente letti sulla stessa linea saranno depurati della "perdita" o caduta misurata
- b) la misurazione, alle differenti profondità previste di iniezione, della pressione di rottura del terreno (fenomeno di claquage); analogamente il rapportino di misura sarà consegnato alla Direzione Lavori

Cementazione di 1^a fase (guaina)

E' eseguita all'atto del completamento della perforazione, secondo quanto sopra specificato; viene utilizzato un volume di miscela cementizia commisurato al volume teorico del foro.

In questa fase si eseguono anche le operazioni di riempimento del sacco otturatore, ove presente, e del bulbo interno per i tiranti definitivi, utilizzando quantitativi di miscela corrispondenti ai volumi teorici degli stessi, ai valori contenuti di pressione secondo specifica del fabbricatore dei tiranti e/o stabiliti mediante prove tecniche che comunque la Direzione Lavori potrà richiedere.

Completata l'iniezione di 1^a fase si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di iniezione.

Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati

Trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio, ove la tecnologia del tirante lo preveda.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione; non è consentito utilizzare packer semplici, a meno di circostanze autorizzate dalla Direzione Lavori e non altrimenti affrontabili: impossibilità di accesso con doppio packer all'interno della tubazione di iniezione, causa ostruzione o piegatura; in tal caso il tirante sarà degradato nei valori di portata ammissibile a valutazione insindacabile della Direzione Lavori, o addirittura la Direzione Lavori, dopo valutazioni sugli assorbimenti risultanti, potrà chiedere la realizzazione di un tirante sostitutivo.

La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 60 bar, a meno di maggiori valori indicati dal fabbricatore del tirante; in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata, salvo diverse istruzioni impartite dalla Direzione Lavori.

Ottenuta l'apertura della valvola si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto o impartiti dalla Direzione Lavori.

Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

I volumi di iniezione saranno di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto o impartite dalla Direzione Lavori.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore.

Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno della canna.

Tensionamento

L'Appaltatore appaltatrice dovrà usare un'apparecchiatura che permetta di eseguire il tensionamento di tiranti operando contemporaneamente su tutti i trefoli componenti il tirante. Il tensionamento dei tiranti non potrà iniziare prima che sia stata raggiunta la resistenza massima della miscela usata per la cementazione dell'ancoraggio. Il tempo necessario per raggiungere tale resistenza sarà predeterminato con un congruo numero di prove di laboratorio. Il tiro massimo iniziale di ogni trefolo sarà quello previsto in progetto, e sarà raggiunto attraverso il ciclo di messa in carico predisposto dal progetto o dalla Direzione Lavori.

Le modalità di esecuzione del tensionamento seguono le indicazioni espresse per le prove di collaudo.

Taglio dei trefoli e protezione esterna

A tensionamento ultimato i trefoli saranno regolarizzati tagliandoli ad una lunghezza che consenta di poter tensionare nuovamente il tirante. Non sarà permesso il taglio con cannello ossiacetilenico o mezzi simili che possono danneggiare i trefoli ed altre parti della testa. Gli spezzoni di trefolo che sporgono dall'ancoraggio saranno spalmati con la protezione anticorrosiva usata per i trefoli sotto guaina ed avvolti in protezione plastica o metallica che li preservi dagli attacchi degli agenti atmosferici.

Per un periodo non inferiore a 30 giorni decorrente dalla data dell'ultimazione del tensionamento, e comunque concordato con la Direzione Lavori in base alle prove di messa in tensione, le teste di tutti i tiranti dovranno essere lasciate accessibili per tutte le operazioni di controllo e ritesatura da eseguire nelle quantità che saranno prescritte dalla Direzione Lavori e nel rispetto delle Norme vigenti e Raccomandazioni di riferimento ([AICAP](#)).

Sulla base delle stesse Norme e Raccomandazioni, in accordo con la Direzione Lavori, si stabilirà la percentuale di tiranti predisposti per controlli periodici nel tempo, ed il relativo sistema di controllo.

Tutti gli oneri di esecuzione dei controlli e prove sono a carico dell'Appaltatore appaltatrice e sono compresi nei prezzi di esecuzione dei tiranti.

5 CONTROLLI DI QUALITÀ

5.1 Generalità

L'Appaltatore dovrà redigere - e sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori almeno 30 giorni prima del previsto inizio della lavorazione - il documento; "Piano di qualità di costruzione ed installazione (PQCI) – Ancoraggi" che dovrà essere redatto sulla base dell'indice generale e relativi contenuti indicati nell' Allegato 1 al presente Capitolato.

Le prove ed i controlli dovranno essere eseguite in conformità al: "programma delle prove e dei controlli" contenuto nel PQCI.

Di seguito si forniscono le specifiche che l'Appaltatore dovrà osservare nella esecuzione delle prove e dei controlli; l'Appaltatore resta comunque responsabile della qualità del prodotto finale che sarà accettato solo ove rispondente ai seguenti criteri:

- Rispondenza ai requisiti specificati in progetto
- rispondenza ai criteri di tolleranza specificati nella presente Sezione;
- assenza di difetti.

5.2 Controlli di qualità degli ancoraggi

Per ogni ancoraggio eseguito l'Appaltatore dovrà fornire una scheda contenente almeno le seguenti indicazioni:

- numero e data di esecuzione;
- nominativi del caposquadra addetto e degli operatori (perforazione, posa ancoraggio, iniezioni, controlli in corso d'esecuzione, tesatura, ecc.);
- identificazione dell'attrezzatura di perforazione e degli utensili adoperati a varie quote;
- lunghezza della perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione (utensile, fluido, rivestimenti del foro);
- informazioni relative alla stratigrafia locale emersa dall'osservazione dei detriti di scavo;
- diagrafie del sistema automatico di registrazione dei parametri di perforazione (eventuale)
- caratteristiche del tirante: armatura e relative caratteristiche meccaniche, lunghezza della fondazione e della parte libera, presenza di sacco otturatore, n° e tipologia di guaine protettive;
- composizione della miscela e volume dell'iniezione di 1^a fase;
- relativamente ai tiranti di ancoraggio, tabelle delle iniezioni selettive indicanti per ogni valvola e per ogni fase: data; pressioni di apertura; volumi di assorbimento; pressioni raggiunte; tabulati dal sistema automatico di registrazione dei parametri di iniezione;
- caratteristiche della miscela utilizzata: composizione; peso specifico; viscosità Marsh; rendimento volumetrico o decantazione;
- dati di identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di compressione a rottura
- relativamente ai tiranti di ancoraggio, certificato di tesatura comprensivi di: data di tesatura; allungamento sotto il carico di collaudo; valore della forza di tensionamento.

5.3 Controlli di qualità delle miscele di iniezione

Le miscele confezionate in cantiere saranno di norma sottoposte ai seguenti cicli di controllo:

- peso specifico : 2 volte al giorno
- viscosità Marsh : 2 " " "
- decantazione o resa volumetrica : 2 " " "
- tempo di presa : 1 volta / settimana
- prelievo di campioni per prove di compressione a rottura : 1 prelievo di coppie di provini al giorno (minimo).

Tipo e frequenza delle prove potranno essere aumentate su richiesta della Direzione Lavori.

Il peso specifico dovrà risultare pari ad almeno il 90% di quello teorico, calcolato assumendo 3 g/cmc il peso specifico del cemento e 2.65 g/cmc quello degli eventuali inerti, nell'ipotesi che non venga inclusa aria. Nelle prove di decantazione l'acqua separata in 24 ore non dovrà superare il 3% in volume.

I cubetti da sottoporre a prove di resistenza cubica a compressione avranno dimensioni minima di 7 o 10 cm di lato.

L'Appaltatore eseguirà le prove richieste a sua cura e spese, e documenterà i risultati con rapporti tecnici la cui frequenza è commisurata a quella delle prove stesse.

La documentazione richiesta dovrà essere allegata ai rapporti giornalieri che l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori come documentazione del lavoro eseguito.

In mancanza della suddetta documentazione, non potranno essere contabilizzate le quantità prodotte.

5.4 Prove di carico

5.4.1 Prescrizioni generali

Le prove sugli ancoraggi si distinguono in: prove di carico di collaudo e prove di carico a rottura. Le prime si applicano di norma a tutti gli ancoraggi attivi realizzati. Le prove a rottura sono invece da eseguirsi su ancoraggi non appartenenti alla struttura da ancorare, ma eseguiti nello stesso sito e con lo stesso sistema di perforazione e di iniezione: esse sono finalizzate a verificare l'idoneità della tipologia di ancoraggio previsto ed il relativo procedimento esecutivo.

Le prove a rottura potranno essere realizzate nel campo prove su "ancoraggi preliminari di prova", le prove eseguite su tali ancoraggi costituiranno parte integrante del progetto degli ancoraggi.

Gli ancoraggi preliminari di prova dovranno essere realizzati dopo l'esecuzione di quelle operazioni (scavi, riporti, mutamenti nel regime idraulico del terreno) che possono influire sulla resistenza della fondazione dell'ancoraggio.

Le prove dovranno essere eseguite da personale specializzato, nel rispetto delle norme che garantiscono la sicurezza degli operatori.

Le apparecchiature da impiegare nella esecuzione delle prove dovranno essere preventivamente tarate presso un Laboratorio Ufficiale e dovranno essere accompagnate dal corrispondente certificato di taratura, con data non antecedente di 6 mesi.

Gli allungamenti degli ancoraggi sottoposti a prova dovranno essere misurati con riferimento ad un punto fisso esterno alla zona in cui si risentono le azioni trasmesse dall'ancoraggio stesso.

Nelle misure sono richieste le seguenti precisioni minime:

- per gli allungamenti: 2 % dell'allungamento teorico,
- per le forze applicate: 2 % della forza limite ultima dell'ancoraggio con riferimento alla prevista aderenza limite bulbo-terreno.

Per ciascun ancoraggio sottoposto a prova l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori la relativa documentazione.

In accordo con le [raccomandazioni AICAP](#), nella predisposizione della documentazione di prova l'Appaltatore dovrà adottare le seguenti definizioni:

- A_s = area della sezione trasversale dell'armatura
- D = diametro convenzionale della fondazione
- E_s = modulo di elasticità dell'acciaio
- N = forza nell'ancoraggio
- N_i = forza di tesatura
- N_{es} = forza di esercizio
- N_{au} = forza limite ultima dell'ancoraggio singolo con riferimento alla fondazione
- N_{su} = forza ultima dell'ancoraggio singolo con riferimento all'armatura
- N'_u = forza limite ultima, con riferimento all'armatura del primo tirante di prova
- N_o = forza di allineamento
- N_r = forza al termine della fase di prova ad "allungamento costante"
- N_c = forza di collaudo

5.4.2 Prove di carico a rottura

Le prove di carico a rottura sono obbligatorie ogni qualvolta il numero totale di ancoraggi da realizzare sia:

$n > 30$ nel caso di tiranti

$n > 50$ nel caso di barre o bulloni.

Le prove sono sempre obbligatorie nel caso di chiodi di ancoraggio, salvo nei casi in cui si tratti di mezzi d'opera provvisori.

Per ogni tipo di ancoraggio e per ogni tipo di terreno o sito, si eseguiranno prove di rottura in numero:

- di 2 tiranti ogni 100, o frazione di 100;
- di 2 bulloni ogni 100, o frazione di 100;
- equivalente almeno al 4% del numero di chiodi.

5.4.2.1 Prove di rottura sui tiranti

Per ogni coppia di tiranti sottoposti a rottura si eseguiranno prove con modalità e finalità differenti:

1° TIRANTE

Ha lo scopo di determinare la forza limite ultima della fondazione N_{au} ed ha quindi armatura sovradimensionata in modo da raggiungere tale forza limite senza giungere allo snervamento dell'armatura stessa.

2° TIRANTE

Ha lo scopo, oltre che di confermare i risultati del primo, di verificare la forza di esercizio N_{es} , di controllare il comportamento nel tempo e di stabilire i criteri di accettazione per il collaudo dei tiranti. Il secondo tirante avrà quindi la stessa armatura dei tiranti di esercizio.

Se le prove di rottura sono eseguite su tiranti preliminari, qualora i risultati ottenuti dal secondo tirante non confermassero le valutazioni tratte dal primo, dovrà essere testata una ulteriore coppia di tiranti.

Esecuzione, prova e valutazione del primo tirante

L'armatura del primo tirante deve essere tale che la forza limite ultima della fondazione N_{au} prevista possa essere raggiunta senza superare nell'armatura il valore di $0.85 N_{su}$ (limite allo 0.2%), il tutto operando in modo da non aumentare il diametro della perforazione. In caso contrario si modificheranno proporzionalmente, con diametro invariato, l'armatura e la lunghezza di fondazione del tirante.

La prova sul primo tirante comprenderà le seguenti fasi:

- a) tesatura fino ad una forza pari a $0.1 N'_{u}$; le misure degli allungamenti hanno inizio al termine di questa fase;
- b) tesatura per incrementi di carico pari a $0.1 N'_{u}$ (ultimo incremento pari a $0.05 N'_{u}$); fino ad una forza massima uguale a $0.85 N'_{u}$; per ciascun livello di carico, la forza deve essere mantenuta costante per un periodo di tempo pari a:
 - 15' per ancoraggi in roccia e terreni non coesivi, con misura dell'allungamento all'inizio ed alla fine dell'intervallo;
 - 60' per ancoraggi in terreni coesivi con misura dell'allungamento a 0-2-4-8-15-30-60'.

Al termine della prova viene tracciato il diagramma forze-allungamenti. Per terreni coesivi vengono anche tracciate, in scala semilogaritmica, le curve dell'allungamento in funzione del logaritmo del tempo per tutte le soste a forza costante, e l'andamento della pendenza finale $tg\alpha$ delle predette curve in funzione della forza applicata.

La determinazione della forza limite ultima del tirante, riferita alla fondazione, sarà quindi eseguita conformemente alle citate [Raccomandazioni AICAP](#) e norme [UNI EN 1537:2013](#).

Esecuzione, prova e valutazione del secondo tirante

La prova sul secondo tirante comprende le seguenti fasi:

- a) tesatura fino alla forza di allineamento $N_0 = 0.1 N_{es}$; le misure degli allungamenti hanno inizio al termine di questa fase;
- b) tesatura al valore della forza di collaudo N_c , pari ad 1.2 volte la forza di esercizio N_{es} , senza interruzioni ed alla stessa velocità prevista per la tesatura dei tiranti da eseguire, e misura dell'allungamento finale;
- c) sosta a forza costante per 5' in roccia o terreni non coesivi e 15' per terreni coesivi, con misura dell'allungamento alla fine della sosta (δ_c);
- d) scarico della forza N_0 con misura dell'allungamento residuo;
- e) ricarica della forza N_{es} con misura dell'allungamento;
- f) bloccaggio e sosta di durata pari a quella prescritta in progetto, comunque non inferiore a 72 ore, misura della forza (N_r) allo sbloccaggio, al termine della sosta (fase di prova ad "allungamento costante"); qualora il sistema di bloccaggio non consenta tale tipo di misura o gli spostamenti della testa del tirante siano tali da falsare le misure stesse, la sosta andrà effettuata mantenendo costante la forza al valore di esercizio e misurando l'allungamento finale (fase di prova a "forza costante");

- g) tesatura ad un valore della forza pari a 0.85 volte il valore della forza limite ultima e misura dell'allungamento;
- h) sosta a forza costante pari a 0.85 N_{au} per un periodo di tempo di 15' nel caso di roccia e terreno non coesivo e di 60' nel caso di terreno coesivo, e misura dell'allungamento finale.

L'interpretazione della prova sul 2° tirante sarà conforme a quanto indicato nelle [raccomandazioni AICAP](#).

5.4.3 Prove di collaudo

Salvo diverse prescrizioni impartite dalla Direzione Lavori, le prove di collaudo saranno eseguite su tutti gli ancoraggi attivi. Esse costituiscono una fase delle procedure di messa in tensione degli ancoraggi attivi.

La forza di collaudo N_c è definita pari a 1.2 volte la forza di esercizio.

Ai sensi della procedura di messa in tensione si farà riferimento ai seguenti carichi:

$N_o = 0.1 N_{es}$ = forza di allineamento

N_{es} = forza di esercizio

$N_c = 1.2 N_{es}$ = forza di collaudo

N_i = forza di tesatura.

Il tensionamento avverrà, salvo diverse disposizioni impartite dalla Direzione Lavori, attraverso le seguenti fasi:

- a) Viene applicato il carico di allineamento N_o ; la corrispondente deformazione farà da riferimento per la misura dei successivi allungamenti;
- b) Il campo $N_c - N_o$ viene diviso in $n \geq 6$ gradini, δN ; ad ogni gradino si misureranno le corrispondenti deformazioni a carico costante mantenuto per un tempo:
- $\delta t \geq 5'$ per ancoraggi in roccia o in terreni incoerenti
- $\delta t \geq 15'$ per ancoraggi nei terreni coesivi.

c) Raggiunto il carico N_c , il tirante viene scaricato sino al valore N_o , misurando il relativo allungamento residuo.

d) Vengono inseriti i dispositivi per il bloccaggio e si provvede ad applicare il carico N_i .

Qualora non sia prevista l'esecuzione della prova di collaudo, il carico di tensionamento viene applicato durante la fase "b", avendo suddiviso il campo $N_i - N_o$ in $n \geq 3$ gradini δN .

Per ciascun ancoraggio collaudato e/o messo in tensione, l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori la relativa documentazione, completa di tabelle e grafici.

6 APPENDICE - NORME DI RIFERIMENTO

Nome	Titolo
Raccomandazioni AICAP	Ancoraggi nei terreni e nelle rocce
UNI EN 1537:2013	Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Tiranti di ancoraggio
UNI 9156:2015	Cementi resistenti ai solfati. Classificazioni e composizione
UNI 9606:2017	Cementi resistenti al dilavamento della calce. Classificazione e composizione
UNI 7092/72 - ISO 10406-1, 5; 2015	Prove sulle materie plastiche. Determinazione della massa volumica delle materie plastiche non alveolari
UNI EN ISO 604:1998 - ASTM D 695	Prove sulle materie plastiche. Determinazione delle caratteristiche a compressione
ISO 10406-1, 6 - ASTM D 638	Prove sulle materie plastiche. Determinazione delle caratteristiche a trazione dei materiali plastici
ISO 10406-1, 7 - ASTM D 790	Prove sulle materie plastiche. Determinazione delle caratteristiche a flessione delle materie plastiche rigide.
Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP	Istruzioni relative norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche
DM 17 gennaio 2018	Norme tecniche per la esecuzione delle opere in c.a., normale, precompresso e per le strutture metalliche
DIN 4150-1 2022 (parte I)	Structural vibration - Part 1: predicting vibration parameters
DIN 4150-2 2022 (parte II)	Structural vibration - Part 2: human exposure to vibration in buildings
DIN 4150-3 2022 (parte III)	Vibrations in buildings - Part 3: effects on structures

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE
COMUNE DI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
METROPOLITANA DI TORINO TRATTA 1
POLITECNICO – REBAUDENGO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B.2 - OPERE CIVILI:
DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI**

SEZIONE 20:

SALVAGUARDIA ARCHEOLOGICA

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		DATA
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	
0	Ing. E. Cadamuro		Ing. F. Rizzo		Ing. R. Crova		31/03/2023

Metropolitana Automatica di Torino - Linea 2
Tratta funzionale 1: "Politecnico – Rebaudengo"
Capitolato Speciale d'Appalto– Parte B.2
Sezione n. 20: Salvaguardia archeologica

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	PRESCRIZIONI	2
	2.1 Assistenza archeologica	2
	2.2 Scavi archeologici e prescrizioni tecniche particolari	2

1. PREMESSA

Scopo del presente capitolato è specificare i provvedimenti da adottare per tutte le attività di scavo al fine di garantire la salvaguardia archeologica, secondo quanto usualmente prescritto dalla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la Città metropolitana di Torino (di seguito SABAP-TO). Essi si applicano nello specifico a:

- Scavi funzionali alla bonifica bellica.
- Scavi funzionali allo spostamento dei sottoservizi.
- Tutti gli scavi o scotici, anche di lieve entità, che si renderanno necessari nel corso dei lavori.

Eventuali ampliamenti o approfondimenti richiesti in corso d'opera dalla SABAP-TO

Il fine è quello di ottemperare all'obbligo di verifica dell'eventuale presenza di reperti archeologici in corrispondenza del tracciato dalla linea. Tali provvedimenti dovranno essere concordati con la SABAP-TO ogniqualvolta vi sia il rinvenimento di elementi di interesse archeologico (anche sotto forma di semplice stratificazione).

2. PRESCRIZIONI

2.1 Assistenza archeologica

Tutti i lavori di scavo, di scotico e di movimento terra fino al raggiungimento dei depositi naturali, sia inerenti la realizzazione dell'opera sia conseguenti agli interventi accessori, anche provvisori (con particolare riferimento alle attività di bonifica bellica, di spostamento di sottoservizi, ma anche alla viabilità e zone di cantiere, impianti per il trasporto dei detriti, eccetera) dovranno essere seguiti da operatori archeologi di comprovata esperienza e specializzati (categoria OS25, conformemente al D.M n. 154 del 22/08/2017, art. 13, Regolamento concernente gli appalti pubblici di lavori riguardanti i beni culturali tutelati ai sensi del D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 27/10/2017), sotto la direzione scientifica della SABAP-TO. Detti operatori saranno a carico dell'Appaltatore ed incaricati da questo. Il curriculum di tali operatori deve tuttavia essere preliminarmente sottoposto alla SABAP-TO per le valutazioni circa i requisiti professionali.

In particolare, il controllo da parte degli archeologi specializzati e di comprovata esperienza sarà preventivamente esteso allo scavo per uno spessore di indagine del terreno di riporto pari a circa 2 m, e comunque fino al raggiungimento dei livelli archeologicamente sterili. Nel caso in cui nel corso degli scavi si riscontrassero indizi o reperti di interesse archeologico, anche a profondità inferiori a quelle previste, lo scavo sarà localmente esteso in modo tale da consentire il completamento dell'indagine. Esso dovrà essere realizzato da una Ditta specializzata in scavi archeologici (cat. OS25, scavi archeologici) secondo i criteri dello scavo stratigrafico (meglio enunciati nel § 2.2) e delle prescrizioni impartite caso per caso dalla SABAP-TO. Detta ditta sarà incaricata dal Committente e sarà compensata a misura utilizzando le somme a disposizione.

Ogni fase di scavo superficiale (inteso entro le profondità tra 0 e 2 m da p.c., salvo diverse prescrizioni) dovrà essere comunicata alla SABAP-TO tramite un cronoprogramma generale d'intervento e confermato almeno una settimana prima dell'effettiva esecuzione.

2.2 Scavi archeologici e prescrizioni tecniche particolari

La Ditta specializzata in scavi archeologici (in possesso di SOA categoria OS25, conformemente al D.M n. 154 del 22/08/2017, art. 13, Regolamento concernente gli appalti pubblici di lavori riguardanti i beni culturali tutelati ai sensi del D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 27/10/2017) dovrà essere rappresentata nei confronti della SABAP-TO e dell'Appaltatore da un proprio Direttore Tecnico, responsabile del Cantiere ed ivi presente continuativamente, per il quale si richiedono il diploma di laurea e di scuola di specializzazione in archeologia o il dottorato di ricerca in archeologia. Il Direttore di Cantiere inoltre deve essere iscritto nell'elenco istituito presso il Ministero per i Beni e le Attività Culturali e del Turismo – Mibact. Stante l'alto interesse scientifico dell'area e la concomitanza di un cantiere edile operante, si ritiene inoltre che il Direttore di Cantiere debba essere dotato di comprovata esperienza nella gestione di cantieri complessi, di emergenza e condotti in ambito urbano.

La Direzione Scientifica compete sempre al Funzionario archeologo della SABAP-TO competente territorialmente, con cui si concorderanno in dettaglio le modalità di scavo.

La Ditta specializzata dovrà provvedere a fornire alla SABAP-TO, preliminarmente alla stipula del Contratto:

- curriculum generale degli scavi svolti dalla ditta stessa con indicazione specifica del Committente e del Direttore Lavori
- curriculum individuale di ciascun operatore partecipante allo scavo
- calendario di massima delle presenze previste degli operatori con l'indicazione del nominativo; nel caso di scavo sistematico, tale calendario si programmerà in dettaglio, mentre potrà essere più generico per le assistenze di emergenza.

I costi delle singole operazioni saranno valutati all'interno del capitolato dei prezzi previsto per i lavori di carattere archeologico. Nel costo dello scavo dovranno essere compresi di norma:

1. costo della manodopera, comprese eventuali spese di trasferta
2. attrezzature tecnologiche necessarie ed adeguate alle operazioni di scavo
3. Strumenti per l'ideone prelievo sul campo del materiale archeologico e dei campioni naturalistici, nonché della loro prima sistemazione; nel caso di reperti particolarmente reperibili o di difficile prelievo la Ditta specializzata dovrà consultare tempestivamente la direzione scientifica per l'eventuale intervento di un restauratore.
4. documentazione dello scavo da concordarsi in dettaglio con la SABAP-TO; in particolare, per la stesura della stessa, si rimanda alla circolare "Prescrizioni per la consegna della documentazione di scavo archeologico", emanata dalla Soprintendenza il 27 Gennaio 2016 e visibile sul sito della stessa. In particolare, la documentazione di cantiere dovrà essere composta almeno da:
 - documentazione di tutte le fasi di cantiere attraverso la redazione del giornale di scavo con descrizione dei lavori ed indicazione del personale e dei mezzi d'opera presenti in cantiere; la compilazione completa delle schede di Unità Stratigrafica (US), di Unità Stratigrafica Muraria (USM) e di sepoltura; la redazione dei rapporti periodici da trasmettere alla Soprintendenza con scadenza almeno quindicinale;
 - documentazione grafica: posizionamento dell'area di scavo e dei rinvenimenti su foglio catastale e georeferenziazione del sito sulla cartografia tecnica sulla base del sistema di coordinate: rilievi in scala adeguata di planimetrie composite quotate, in cui compaiano via via tutte le US individuate; sezioni stratigrafiche e prospetti di strutture da concordare con la SABAP-TO in corso d'opera;
 - documentazione fotografica di qualità professionale, eseguita in formato digitale ad alta risoluzione, salvo diverse indicazioni della Direzione Scientifica.
5. Le prestazioni fornite in cantiere devono essere completate da:
 - Lavaggio dei materiali ceramici e sistemazione degli stessi nelle cassette della forma e dimensioni indicate dalla Soprintendenza.
 - Sistemazione degli altri reperti (comprese eventuali campionature) secondo le metodologie di imballaggio indicate dalla Soprintendenza.
 - Consegna dei materiali presso i magazzini della Soprintendenza, comprovato da apposito verbale con elenco delle cassette e del loro contenuto, da allegare alla documentazione da consegnare in Soprintendenza.
 - Redazione dell'elenco di eventuali campionature prelevate
 - Revisione e completamento di tutti i giornali di scavo.
 - Redazione dell'elenco delle Unità Stratigrafiche
 - Revisione e completamento delle schede di Unità Stratigrafica, redatte a norma ICCD.
 - Redazione dell'elenco di eventuali altre tipologie di schede (USM, tombe, eccetera)
 - Revisione e completamento di eventuali altre tipologie di schede (USM, sepolture, eccetera)
 - Stesura del matrix (diagramma stratigrafico di sintesi con le indicazioni delle fasi individuate)
 - Elenco delle immagini fotografiche digitali, con indicazione della data dello scatto, dell'operatore, della descrizione puntuale della ripresa ed eventuali specifiche.
 - CD o DVD con immagini fotografiche digitali, realizzate a colori (24 bit x pixel); i file dei singoli scatti devono essere nominati con numerazione progressiva che rimandi in modo univoco all'elenco delle immagini allegato. Sono accettati file .TIFF o .JPG
 - Stesura della relazione finale.
 - Elenco dei disegni.
 - Revisione delle matite di cantiere su poliestere indeformabile.

- Elaborazione e lucidatura su poliestere indeformabile (1 copia) e su supporto cartaceo (2 copie) oltre che in formato digitale (pdf e dwg) della planimetria generale quotata e con indicazione delle US complessive
- Elaborazione delle planimetrie di fase e di dettaglio su poliestere indeformabile (1 copia) e su supporto cartaceo (2 copie) oltre che in formato digitale (pdf e dwg)
- Tavola di posizionamento georiferito dell'area di scavo, su supporto cartaceo e in formato dwg.

Per ulteriori dettagli relativi alle modalità di redazione della documentazione si rimanda alla circolare della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Piemonte "Prescrizioni per la consegna della documentazione di scavo archeologico" 27 Gennaio 2016

La documentazione integrale dello scavo viene acquisita dalla SABAP-TO. Come indicato nelle "Prescrizioni per la consegna della documentazione di scavo archeologico" del 27 Gennaio 2016, le Ditte archeologiche sono *"autorizzate a consegnare copia digitale della documentazione archeologica in formato .pdf alla committenza soltanto dopo la verifica completa da parte della Soprintendenza e il rilascio della relativa validazione.."*

La Ditta specializzata negli scavi archeologici non è autorizzata a permettere visite a persone estranee al cantiere, a rilasciare alcun tipo di informazione relativa allo scavo senza la preventiva autorizzazione formale del direttore scientifico.

La Ditta specializzata non è autorizzata a servirsi di notizie o documentazioni di cantiere per pubblicazioni.

L'Appaltatore è tenuto a subordinare le proprie attività di scavo nelle aree a quelle della Ditta specializzata in scavi archeologici.