

**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 Costruttivo 2: Bologna - Politecnico**

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">INFRA.TO</span> <i>infrastrutture per la mobilità</i>				INFRATRASPORTI.TO S.r.l.	
DIRETTORE PROGETTAZIONE <small>Responsabile integrazione discipline specialistiche</small>	IL PROGETTISTA	<b>ELABORATI GENERALI - MONUMENTO CARLO ALBERTO</b>  INTERVENTI DI TRASLAZIONE PROVVISORIA  CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE B DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE TECNICHE E PRESCRIZIONI					
Ing. R. Crova <small>Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 6038S</small>	RTP: Studio Arch. Gritella & Associati Ing. Franco Galvagno Arte Restauro Conservazione di Arlotto Cristina Maria s.a.s.  Arch. G. Gritella Ordine degli Architetti della Provincia di Torino n. 2199	<b>ELABORATO</b>		REV. int.    est.		<b>SCALA</b>	<b>DATA</b>
		<b>MTL2T1A0DZOOMCAZ 001</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	13/11/2023	

AGGIORNAMENTI

Fg. 1 di 1

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.	VISTO
0	EMISSIONE	10/10/23	GGritella	CArlotto	GGritella	RCrova
1	Emissione finale a seguito di verifica preventiva	13/11/23	GGritella	FGalvagno	GGritella	RCrova
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">LOTTO 2</td> <td style="width: 10%;">CARTELLA</td> <td style="width: 5%;">1.1</td> <td style="width: 5%;">23</td> <td style="width: 20%;">MTL2T1A0D</td> <td style="width: 20%;">ZOOMCAZ001</td> </tr> </table>						LOTTO 2	CARTELLA	1.1	23	MTL2T1A0D	ZOOMCAZ001	<b>STAZIONE APPALTANTE</b>  DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio  RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozziro					
LOTTO 2	CARTELLA	1.1	23	MTL2T1A0D	ZOOMCAZ001												

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

**CITTA' DI TORINO**

**INFRA.TO**

**INTERVENTO DI TRASLAZIONE PROVVISORIA E  
RESTAURO DEL**

**MONUMENTO A RE CARLO ALBERTO  
DI SAVOIA CARIGNANO**

**in Torino**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO – PARTE B**

**DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI, SPECIFICHE  
TECNICHE E PRESCRIZIONI**

**STUDIO ARCH. GIANFRANCO GRITELLA & ASSOCIATI**

**Torino, Ottobre 2023**

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

## INDICE

<b>1.</b>	<b>SEZIONE 1 – RESTAURO. OGGETTO DELL'APPALTO</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>FORNITURE E LAVORAZIONI: INDICAZIONI DI CARATTERE GENERALE</b>	<b>6</b>
<b>2.1.</b>	<b>MATERIALI IN GENERE: CARATTERISTICHE E REQUISITI MINIMI PER L'ACCETTAZIONE</b>	<b>6</b>
<b>2.2.</b>	<b>PRODOTTI SPECIALI PER IL RESTAURO – MATERIALE LAPIDEO</b>	<b>9</b>
<b>2.3.</b>	<b>PRODOTTI SPECIALI PER IL RESTAURO – BRONZO</b>	<b>10</b>
<b>3.</b>	<b>PROTEZIONI, IMBALLAGGI, MONTAGGI E SMONTAGGI DI OPERE PROVVISIONALI</b>	<b>12</b>
<b>4.</b>	<b>RESTAURO DEL MATERIALE LAPIDEO - BASAMENTO IN GRANITO</b>	<b>12</b>
<b>4.1.</b>	<b>PARTE I: NORME GENERALI</b>	<b>12</b>
4.1.1.	<i>PULITURA DEI MATERIALI</i>	14
4.1.2.	<i>BONIFICA DA MICROFLORA</i>	20
4.1.3.	<i>CONSOLIDAMENTO DEI MATERIALI</i>	23
4.1.4.	<i>PROTEZIONE DEI MATERIALI</i>	28
4.1.5.	<i>MALTE E CONGLOMERATI</i>	30
4.1.6.	<i>SUPERFICI IN GRANITO - INTERVENTI DI CONSERVAZIONE</i>	36
<b>4.2.</b>	<b>PARTE II: FASI OPERATIVE</b>	<b>39</b>
4.2.1.	<i>DOCUMENTAZIONE DEI RESTAURI</i>	39
4.2.2.	<i>INDAGINI DIAGNOSTICHE</i>	42
4.2.3.	<i>OPERE DI PROTEZIONE PROVVISORIE</i>	45
4.2.4.	<i>RESTAURO CONSERVATIVO DELLE BASAMENTO IN GRANITO</i>	48
<b>5.</b>	<b>RESTAURO DEL MATERIALE BRONZEO – STAUTE</b>	<b>57</b>
<b>5.1.</b>	<b>PARTE I: RESTAURO SU MATERIALE BRONZEO</b>	<b>57</b>
<b>5.2.</b>	<b>NORME GENERALI</b>	<b>57</b>
<b>5.3.</b>	<b><i>DOCUMENTAZIONE DEI RESTAURI</i></b>	<b>59</b>
<b>5.4.</b>	<b><i>INDAGINI DIAGNOSTICHE</i></b>	<b>61</b>
<b>5.5.</b>	<b><i>OPERE DI PROTEZIONE PROVVISORIE</i></b>	<b>63</b>
<b>5.6.</b>	<b><i>RESTAURO CONSERVATIVO DELLE OPERE IN BRONZO</i></b>	<b>63</b>
<b>1.</b>	<b>SEZIONE 2 OPERE CIVILI. OGGETTO DELL'APPALTO</b>	<b>68</b>

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

<b>2.</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>68</b>
<b>3.</b>	<b>DESCRIZIONE GENERALE DEI LAVORI</b>	<b>68</b>
<b>3.1</b>	<b>ASSISTENZA AI LAVORI STRUTTURALI</b>	<b>71</b>
<b>3.2</b>	<b>PONTEGGI</b>	<b>72</b>
<b>3.3</b>	<b>SCAVI</b>	<b>73</b>
<b>3.4</b>	<b>MICROPALI</b>	<b>74</b>
<b>3.5</b>	<b>INFILAGGI</b>	<b>74</b>
<b>3.6</b>	<b>CONSOLIDAMENTI DELLA FONDAZIONE ESISTENTE</b>	<b>75</b>
<b>3.7</b>	<b>DEMOLIZIONI</b>	<b>75</b>
<b>3.8</b>	<b>OPERE IN CARPENTERIA METALLICA</b>	<b>76</b>
<b>3.9</b>	<b>OPERE STRUTTURALI IN C.A.</b>	<b>77</b>
<b>3.10</b>	<b>OPERE IN CLS NON STRUTTURALI</b>	<b>78</b>
<b>3.11</b>	<b>CASSERATURE</b>	<b>79</b>
<b>3.12</b>	<b>MOVIMENTAZIONE DEL MONUMENTO</b>	<b>79</b>

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

## SEZIONE 1

## RESTAURO

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

## **1. SEZIONE 1 – RESTAURO. OGGETTO DELL'APPALTO**

L'appalto consiste nell'esecuzione di tutti gli interventi relativi al restauro del monumento equestre a Carlo Alberto di Savoia Carignano, collocato nell'omonima piazza in Torino. Saranno oggetto dell'intervento le opere in materiale bronzeo, quali cavaliere e cavallo, quattro statue raffiguranti le allegorie, otto decorazioni floreali ai lati delle statue allegoriche, quattro statue raffiguranti i corpi dell'esercito sardo, quattro bassorilievi incastonati nel basamento lapideo, serie di cornici modanate (scossaline).

Tutte le statue andranno rimosse dalla loro attuale posizione e ricoverate in apposito laboratorio di restauro per la durata dell'intervento; resteranno in loco il basamento in materiale lapideo, i quattro bassorilievi, le decorazioni floreali e le cornici modanate in bronzo. Ivi sarà realizzata un'area di cantiere con ponteggio di servizio adibita a cantiere di restauro.

Tutte le operazioni di rimozione delle opere, comprese le necessarie fasi di protezione dei manufatti ai fini del trasporto a terra, si concluderanno con il riposizionamento in laboratorio su supporti idonei per l'esecuzione dell'intervento di restauro e la rimozione degli apprestamenti di protezione adottati per il trasporto delle stesse.

## **2. FORNITURE E LAVORAZIONI: INDICAZIONI DI CARATTERE GENERALE**

### **2.1. MATERIALI IN GENERE: CARATTERISTICHE E REQUISITI MINIMI PER L'ACCETTAZIONE**

La presente trattazione indica, per le forniture maggiormente comuni, i requisiti qualitativi minimi al di sotto dei quali non sarà concessa la messa in opera o la successiva lavorazione e/o trasformazione del materiale. Si precisa che le indicazioni di seguito esposte non hanno carattere esaustivo e possono essere completate da ulteriori specifiche tecniche di carattere specialistico riportate nelle sezioni successive del

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

presente documento. Valgono poi tutte le indicazioni verbali e scritte fornite dalla DL in corso d'opera.

Varranno pertanto di principio i seguenti punti:

- Nell'esecuzione di tutte le lavorazioni, le opere, le forniture e i componenti, devono essere rispettate tutte le prescrizioni di legge e di regolamento in materia di qualità, provenienza e accettazione dei materiali nonché, per quanto concerne la descrizione, i requisiti di prestazione e le modalità di esecuzione di ogni categoria di lavoro e tutte le indicazioni contenute o richiamate contrattualmente nel presente CSA e negli elaborati grafici del progetto esecutivo.
- Per quanto riguarda l'accettazione, la qualità e l'impiego dei materiali, la loro provvista, il luogo della loro provenienza e l'eventuale sostituzione di quest'ultimo, valgono le presenti indicazioni e tutte le ulteriori contenute più avanti nel CSA, che, in tutte le sue sezioni costituisce un unicum inscindibile.
- La DL si riserva di impartire, mano a mano che se ne riscontrerà il bisogno, tutte le ordinazioni relative ai materiali da impiegarsi, nonché di consegnare in corso d'opera eventuali documentazioni aggiuntive, come in seguito richiamato nel presente documento.
- L'Appaltatore resta comunque responsabile per quanto concerne la qualità dei materiali forniti e i prodotti utilizzati.

Vale inoltre quanto segue:

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

L'Appaltatore dovrà impiegare materiali delle migliori qualità attualmente in commercio, dovrà indicarne la provenienza e posarli in opera soltanto ad accettazione avvenuta da parte della DL; i nuovi materiali da impiegarsi per i restauri dovranno essere il più possibile compatibili con quelli preesistenti in modo da non interferire con le proprietà fisiche, chimiche, e meccaniche dei manufatti esistenti.

L'Appaltatore sarà obbligato, in qualsiasi momento, ad eseguire o fare eseguire, presso gli stabilimenti di produzione e/o laboratori ed Istituti specializzati, tutte le prove e le campionature richieste dal presente CSA sui materiali impiegati o da impiegarsi, siano essi preconfezionati o formati nel corso dei lavori ed in genere su tutte le forniture previste dall'appalto.

I materiali non accettati dalla DL, in quanto a suo insindacabile giudizio non riconosciuti idonei, dovranno essere immediatamente rimossi dal cantiere e sostituiti con altri rispondenti ai requisiti richiesti.

Qualora la DL lo ritenesse opportuno, o su specifica richiesta della competente Soprintendenza, l'Appaltatore dovrà produrre per i materiali da impiegare tutti i certificati di idoneità, omologazione o d'altri equipollenti rilasciati dagli istituti riconosciuti, come prescritto dalle normative vigenti, e ogni altra eventuale dichiarazione richiesta dagli Enti competenti.

Sono a totale carico dell'Appaltatore le spese occorrenti per la predisposizione di qualsivoglia campionatura e delle prove conoscitive, ove richieste dal presente CSA. Risultano a carico dell'Appaltatore le spese per l'invio e l'analisi di eventuali campioni di materiali prelevati presso Istituti autorizzati per legge o in mancanza di quest'ultimi presso quelli indicati dalla DL.

Le eventuali campionature dovranno essere eseguite in modo tale da non arrecare modifiche irreversibili alle caratteristiche originarie del manufatto e sotto costante controllo della D.L.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

## **2.2. PRODOTTI SPECIALI PER IL RESTAURO – MATERIALE LAPIDEO**

### Acqua deionizzata

Idonea per la rimozione superficiale dei sali solubili mediante lavaggi a bassa pressione.

### Sepiolite

A base di argilla assorbente miscelata con acqua deionizzata necessaria per l'estrazione di sali solubili mediante esecuzione di impacchi.

### Malte premiscelate

Necessarie per la realizzazioni di malte a base di calce e sabbia dello stesso colore e natura del litotipo lapideo originale e adatte alla realizzazione di stucature di riempimento e consolidamento.

### Leganti a base di resine acriliche e silicee

Da impiegarsi per il ripristino o la ricostruzione volumetrica di parti mancanti o stucature di elementi lapidei, previa la miscelazione con cariche più o meno fini derivanti dalla frantumazione dello stesso tipo di inerte presenti in opera.

### Soluzioni a base di acqua deionizzata e bicarbonato di ammonio

Per pulizie chimiche non aggressive di depositi quali smog, patine, ecc., da superfici in materiale lapideo.

### Soluzione disinfestante multicomponente

Per la bonifica di depositi di microrganismi vegetali, quali alghe, funghi, muschi, batteri dalle superfici lapidee.

### Prodotti specialistici e miscele a base di esteri dell'acido silicico e al silicato di litio

In differente concentrazione, per il consolidamento corticale e a media profondità di materiali lapidei.

### Miscela speciali a base di esteri dell'acido silicico e silossani

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

Per il consolidamento superficiale e relativa protezione idrorepellente, non filmogena di materiali lapidei naturali che dopo l'opera di pulizia e restauro devono essere conservati a vista.

#### Miscele speciali a base di protettivi

Impregnanti idrorepellenti ai silossani diluiti in solventi organici, totalmente trasparenti, non filmogeni e traspirabili, eventualmente pigmentati, con terre coloranti di altissima qualità.

#### Cera d'api naturale

Sbiancata, selezionata e miscelata con essenza di trementina di prima qualità, idonea per la protezione superficiale di stucchi, intonaci, terrecotte e materiali lapidei.

Tutti i materiali indicati nei capoversi precedenti dovranno essere campionati e certificati con schede tecniche di accompagnamento; forniti in recipienti sigillati ed etichettati. Su semplice richiesta della DL potranno essere campionati vari tipi di prodotti commercializzati da differenti case produttrici e tra loro eventualmente integrati, confrontati e miscelati.

### **2.3. PRODOTTI SPECIALI PER IL RESTAURO – BRONZO**

#### Acqua deionizzata

Idonea per la rimozione dei sali soluti dalle soluzioni di pulitura, mediante risciacqui attraverso l'uso di nebulizzatori e spugne.

#### Sepiolite

A base di argilla assorbente miscelata con soluzioni complessanti necessaria per la rimozione di sali solubili mediante esecuzione di impacchi.

#### Solventi organici

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

A diversa polarità per la solubilizzazione di vecchi protettivi o sostanze grasse presenti sulle superfici metalliche. Da utilizzare anche in miscela supportati da gel (sverniciatori).

Soluzioni a base di acqua deionizzata e Tartrato di Sodio e Potassio (Sali di Rochelle)

Soluzione complessante chelante. Per la rimozione di sali di rame che rappresentano il prodotto della corrosione lasciando inalterata la patina di cuprite. È possibile intensificarne l'azione aumentando il Ph della soluzione con Idrossido di Sodio.

Soluzioni a base di acqua deionizzata e E.D.T.A (Etilendiamminatetracetica)

Soluzione complessante chelante. Per la rimozione di sali di rame e depositi contenenti calcio (croste nere).

Soluzioni a base di Benzotriazolo

Utilizzato come inibitore della corrosione ciclica del rame e delle sue leghe. Si usa in soluzione con alcool etilico o acetone e va protetto per evitarne la sublimazione con uno strato di acrilico.

Resine epossidiche

Per incollaggi e integrazioni a seconda delle tipologie. Si possono caricare con inerti per aumentarne la densità o possono essere utilizzate per impregnare la fibra di vetro o di carbonio.

Protettivo trasparente

A base di resine acriliche (Paraloid) con additivi antiossidanti (Benzotriazolo) in soluzione di solventi organici.

Cera microcristallina

Miscela di idrocarburi saturi ad alto punto di fusione. Utilizzata come mezzo opacizzante sulle vernici finali.

Tutti i materiali indicati nei capoversi precedenti dovranno essere campionati e certificati con schede tecniche di accompagnamento; forniti in recipienti sigillati ed etichettati. Su semplice richiesta della DL potranno essere campionati vari tipi di

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

prodotti commercializzati da differenti case produttrici e tra loro eventualmente integrati, confrontati e miscelati.

### **3. PROTEZIONI, IMBALLAGGI, MONTAGGI E SMONTAGGI DI OPERE PROVVISORIALI**

L'Appaltatore è tenuto ad attuare tutte le operazioni necessarie alla rimozione degli apprestamenti di protezione adottati per il trasporto in sicurezza delle statue a terra, nonostante il trasporto di queste ultime non faccia parte dell'appalto in oggetto.

In ugual modo l'Appaltatore, al termine degli interventi di restauro, dovrà provvedere a predisporre le protezioni complete e funzionali dei manufatti ai fini della loro ricollocazione sul basamento del monumento

Imballaggi e protezioni saranno eseguiti mediante la costruzione di gabbie lignee, teli in tessuto non tessuto, e fogli in PVC trasparenti anche tipo "pluriball".

Si precisa infine che durante l'intero corso dei lavori l'appaltatore sarà in ogni momento tenuto a proteggere il manufatto, in ogni sua parte, da eventuali danneggiamenti che potrebbero essere arrecati dallo svolgimento delle lavorazioni prevista. Qualunque danno, di qualsiasi entità e dimensione, sarà dunque riparato o indennizzato a esclusiva cura e onere dell'appaltatore, che nulla potrà pretendere a fronte di ciò.

## **4. RESTAURO DEL MATERIALE LAPIDEO - BASAMENTO IN GRANITO**

### **4.1. PARTE I: NORME GENERALI**

Prima dell'inizio dei lavori di restauro dell'apparato lapideo, l'Appaltatore avrà l'obbligo di eseguire specifiche analisi conoscitive sui materiali costituenti le opere lapidee in oggetto.

Verranno pertanto prelevati in diversi punti dei manufatti, al fine di operare specifiche indagini diagnostiche, alla presenza della DL, campioni destinati alle analisi di cui al

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

seguito; i punti di prelievo saranno mappati sui disegni, documentati fotograficamente e schedati in repertorio.

Le analisi che si richiede specificatamente di eseguire riguardano le caratterizzazioni petrografiche e le curve granulometriche del materiale lapideo, realizzate per ciascun campione prelevato. I risultati dovranno essere inseriti in una relazione specialistica, ad opera di personale specializzato, con documentazione fotografica e i relativi diagrammi riportanti i risultati ottenuti.

Per raggiungere gli obiettivi predetti per ogni campione prelevato potranno essere eseguite su richiesta della DL le seguenti analisi:

- a. Analisi FT/IR per l'identificazione di leganti, prodotti del degrado e sostanze organiche mediante analisi spettrofotometrica all'infrarosso.
- b. Analisi chimiche per il dosaggio qualitativo e quantitativi dei prodotti dei sali solubili con metodi conduttimetrici e cromatografie ioniche per la determinazione dell'umidità gravimetrica.
- c. Analisi microscopiche con microscopio stereoscopico per individuare le caratteristiche morfologiche con relativa documentazione fotografica.
- d. Sezione sottile per la caratterizzazione delle pietre mediante studio su preparati in sezione sottile con documentazione fotografica.
- e. Analisi sulla porosità mediante porosimetro a mercurio per la distribuzione del volume dei pori in rapporto al diametro.

Circa le relazioni tecniche pertinenti alle suddette analisi, queste dovranno pervenire in duplice copia entro i termini utili fissati dalla DL, prima dell'inizio dei lavori di restauro, e dovranno contenere tutte le indicazioni necessarie alla perfetta comprensione delle indagini eseguite e all'individuazione delle scelte che condurranno al prosieguo dei lavori.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

E' richiesta la presenza sul cantiere, ogni qualvolta sia ritenuto necessario, dell'analista che ha condotto le indagini chimico fisiche che dovranno essere discusse in contraddittorio con la DL e i restauratori che si occupano delle indagini specialistiche. Il prelievo dei campioni da inviare ai laboratori dovrà essere eseguito congiuntamente dal restauratore incaricato e dall'analista che eseguirà le analisi richieste.

La DL si riserva di specificare all'Appaltatore le caratteristiche che dovranno avere quelle figure professionali che si dovranno occupare dell'aspetto di coordinamento delle indagini chimico-fisiche, dei sondaggi e del coordinamento delle équipes dei restauratori. L'Appaltatore dovrà consultare tutte quelle figure professionali e tutti quei consulenti specialistici che gli verranno indicati dalla Committenza e dalla DL.

#### **4.1.1. PULITURA DEI MATERIALI**

##### **Generalità**

La pulitura consiste in una serie di operazioni occorrenti per rimuovere dalla superficie di un materiale le sostanze estranee, patogene generatrici di degrado; si avvale di metodi fisici e/o chimici da impiegare con gradualità e intensità diversa in rapporto al tipo di sostanza che si intende rimuovere.

All'Appaltatore sarà, quindi, vietato effettuare qualsiasi tipo di operazione e l'utilizzo di prodotti, anche prescritti, senza la preventiva esecuzione di prove applicative o esplicita autorizzazione della D.L.

In ogni caso, ciascun intervento di pulitura dovrà esclusivamente essere mirato alla rimozione di tutte quelle forme patologiche in grado di generare degrado al manufatto. In particolare fra i manufatti impiegati in edilizia i materiali a pasta porosa (pietre, marmi, intonaci) sono quelli che risentono maggiormente dell'interazione con gli agenti endogeni ed esogeni.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

La pulitura dei materiali porosi deve quindi in primo luogo rimuovere dalla loro superficie le sostanze patogene, rispettando la patina naturale, quando esista ancora, ed allontanando i prodotti di reazione (croste nere, efflorescenze, macchie, ecc.) che possono proseguire o reiterare l'azione di deterioramento. Inoltre, dal momento che, nella maggior parte dei casi, si interviene su materiale già profondamente degradato, il trattamento di pulitura deve essere attentamente calibrato; non deve provocare un ulteriore indebolimento, a livello micro o macroscopico, esercitando un'azione troppo incisiva; non deve asportare frammenti indeboliti, decoesi o esfoliati; non deve attivare sostanze che possono risultare dannose; deve arrestarsi, per proseguire con altre tecniche, qualora l'asportazione dei depositi possa compromettere l'integrità del materiale.

### **Sistemi di pulitura**

Un primo livello di pulitura tende a rimuovere essenzialmente i depositi incoerenti (generalmente formati da particolato atmosferico, carbonioso o terroso) che si accumulano per gravità o dopo essere state veicolate da acqua atmosferica o di risalita (efflorescenze saline) e che non realizzano alcun tipo di coesione o di reazione con il materiale sottostante. Questo tipo di deposito possiede una debole potenzialità patogena, che varia moltissimo in rapporto alla composizione delle sostanze e al materiale su cui si sedimentano. Anche i tempi di aggressione possono essere differenti e dipendono dalla presenza o meno di sostanze attivatrici (perlopiù l'acqua, che entra in quasi tutte le reazioni patogene) o catalizzatrici.

Un secondo livello di pulitura prevede la rimozione di depositi composti esclusivamente o prevalentemente da sostanze allo gene che tendono a solidarizzarsi sulla superficie del manufatto con un legame essenzialmente meccanico, senza intaccare (o intaccando in minima parte) la natura chimica del materiale. L'entità e la

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

coesione di questi depositi dipende dalla porosità del materiale. Le sostanze da rimuovere, quindi, possono essere ancora particellato atmosferico, penetrato in profondità, magari veicolato da acqua, oppure sali (carbonati) depositati per esempio da acqua di dilavamento, o presenti come macchie.

Un terzo livello di pulitura prevede, invece, la rimozione dello strato superficiale che si forma sul materiale allorché le sostanze esterne, volatili o solide, si combinano con il materiale di finitura, mutandone la composizione chimica e dando origine a prodotti secondari di reazione, come è il caso dell'ossido di ferro (ruggine), che si forma sulle superfici metalliche, o dei prodotti gessosi, che vengono definiti croste, in ragione del loro aspetto, che si formano sui materiali lapidei.

Perdurando l'apporto delle sostanze patogene dall'esterno, si ha un progresso continuo dell'attacco in profondità, con distacco e caduta delle parti esterne degradate.

Per rimuovere i materiali incoerenti sono solitamente sufficienti blandi sistemi meccanici; aspiratori, stracci, scope e spazzole in fibra vegetale - saggina - (meno incisive di quelle in materiale sintetico), aria compressa. Questi metodi possono venire integrati dall'impiego puntuale di bisturi, spatole, piccole spazzole in nylon o metalliche.

Per rimuovere i depositi fortemente coesi e solidarizzati, i metodi sopra elencati possono essere integrati da cicli di pulitura più incisivi che trovano larga applicazione soprattutto nel trattamento dei materiali di rivestimento e, in generale, di pietre, murature, malte e, in molti casi (ad esclusione dei sistemi che impiegano acqua), anche di legno e metalli.

Spray di acqua a bassa pressione (max 3-4 atmosfere)

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

È uno dei metodi meno abrasivi; i risultati migliori si ottengono nebulizzando o, meglio, atomizzando l'acqua, utilizzando appositi ugelli, in numero adeguato alla superficie da pulire e posti a debita distanza a seconda della tipologia di intervento. Le goccioline d'acqua rimuovono i composti solubili e, data la piccola dimensione, raggiungono capillarmente la superficie da trattare.

Dato che il sistema, per essere efficace, richiede tempi di esercizio piuttosto ampi (1-2 giorni), è opportuno provvedere alla raccolta dell'acqua impiegata in grande quantità, effettuando il trattamento in periodi caldi; è fondamentale impiegare acqua deionizzata, priva di impurità e di sali in soluzione che, diversamente, si depositerebbero sulla superficie trattata. Le particelle d'acqua dovranno avere dimensioni medie comprese tra 5 e 10 micron. L'irrorazione utilizzerà un pressione di circa 3 atmosfere. L'operazione dovrà essere effettuata con temperatura esterna di almeno 14 gradi centigradi ed effettuata ad intervalli regolari; in ogni caso il tempo di intervento non dovrà mai eccedere le 4 ore consecutive di apporto d'acqua per evitare l'eccessiva impregnazione da parte del manufatto. La produzione di acqua deionizzata si potrà effettuare in cantiere tramite utilizzo di specifica apparecchiatura con gruppo a resine a scambio ionico di portata sufficiente a garantire una corretta continuità di lavoro, gruppo motopompa a rotore in PVC per l'adduzione dell'acqua deionizzata di alimentazione ai nebulizzatori, la formazione di adatti circuiti idraulici con tubi in PVC per la distribuzione ad un sufficiente numero di ugelli nebulizzatori completi di rubinetti per la limitazione del flusso, tubi terminali flessibili con ugelli conici per la regolazione fine della sabbia di uscita. In ogni caso l'adatto tempo di intervento sarà da determinarsi su zone campione a tempi crescenti concordati con la D.L.

Argille assorbenti - Se vi sono problemi di esercizio legati all'acqua dispersa, si può applicare sul materiale di superficie un impacco di speciali argille (polpa di carta e

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

sepiolite, due silicati idrati di magnesio, oppure bentonite) imbibite di acqua, dopo aver bagnato anche il materiale con acqua distillata. In un primo momento l'acqua solubilizza i composti gessosi delle croste e gli eventuali sali presenti; l'argilla agisce poi da spugna, cedendo vapore acqueo all'atmosfera e assorbendo acqua dal materiale cui è applicata, con tutte le sostanze in soluzione, che vengono asportate con l'impasto, una volta essiccato.

La granulometria dei due tipi di argilla dovrà essere di almeno 100-220 Mesh. Dovranno essere preparate diluendole esclusivamente con acqua distillata o deionizzata fino a raggiungere una consistenza pastosa che consenta la loro lavorazione in spessori di 2-3 cm.

Per rallentare il processo di evaporazione dell'acqua potranno essere sigillate con fogli di polietilene. Potranno inoltre essere caricate con resine scambiatrici di ioni.

Sistemi di tipo chimico da impiegarsi su superfici ridotte ed in maniera puntuale per pulire da croste, macchie o strati sedimentati di particellato, cere, film protettivi.

Si basano sull'applicazione di reagenti che intaccano le sostanze leganti dei depositi; sono per lo più sali (carbonati) di ammonio, da applicare con supporti di carta giapponese o con compresse di cellulosa, per tempi che variano da pochi secondi a qualche decina di minuti, a seconda del materiale da trattare e dello spessore delle croste da rimuovere. Fra i prodotti più usati vi è l'AB57, utilizzato per i materiali lapidei.

Altre tecniche di pulitura di tipo chimico prevedono l'aspersione delle superfici dei materiali con:

- acidi - cloridrico, fosforico, fluoridrico (sono da evitare in quanto possono creare sotto-prodotti quali sali insolubili oltre che corrodere il carbonato di calcio);

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

- alcali, come il carbonato o bicarbonato di ammonio;
- solventi basici per l'eliminazione degli olii (butilammina, trietanolammina);
- solventi clorurati per l'eliminazione di cere.

I seguenti prodotti estendono quasi sempre la loro azione anche al materiale sano e portano alla comparsa di macchie; il loro uso va quindi attentamente calibrato, testato e finalizzato in relazione al supporto avendo cura di rimuovere completamente i residui dopo le applicazioni:

- impacchi biologici per la pulitura dei materiali lapidei da croste nere, che consistono nell'applicazione di prodotti a base ureica in impasti argillosi, da coprire con fogli di polietilene e da lasciare agire per diverse decine di giorni, prima di rimuovere il tutto e disinfettare la superficie trattata. L'efficacia dell'impacco biologico è legata allo sviluppo di colonie di batteri che intaccano i leganti gessosi delle croste.

Nella scelta di uno dei sistemi di pulitura presentati o di più sistemi da impiegare sinergicamente, bisogna considerare che l'azione di rimozione del materiale di deposito può comunque intaccare irreversibilmente anche la superficie da pulire. Spesso è impossibile rimuovere completamente i depositi dalla superficie dei materiali senza distruggerla: è il caso in cui le sostanze esterne siano penetrate troppo in profondità, o siano fissate così solidamente da essere raggiunte dai sistemi di pulitura. In questi casi è conveniente rinunciare ad un intervento approfondito, a meno che ciò non sia pregiudizio per la durata del materiale stesso.

Non è infrequente il caso, inoltre, in cui il materiale da pulire (generalmente pietra, intonaco, legno, pitture) sia già profondamente degradato, al punto che ogni azione meccanica, compresa l'applicazione degli impacchi, comporterebbe la caduta di parti esfoliate o rese incoerenti. E' allora consigliabile procedere ad un'operazione di preconsolidamento, applicando sulla superficie da trattare, o nelle zone

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

maggiormente compromesse, dei preparati consolidanti. Così fissato, il materiale può essere pulito, ma può darsi il caso (quando il preconsolidamento è richiesto dalla mancanza di coesione delle parti superficiali) che ulteriori operazioni di pulitura siano impossibili. Spesso il preconsolidamento è richiesto non tanto dal forte decoesione del materiale, quanto dall'impiego di tecniche di pulitura piuttosto energiche in presenza di lesioni o distacchi anche lievi; in questi casi, dopo la pulitura, il consolidante impiegato preventivamente può anche essere rimosso, a condizione che si tratti di sostanze reversibili.

#### **4.1.2. BONIFICA DA MICROFLORA**

Un particolare tipo di pulitura è quello che riguarda la bonifica dell'ambiente circostante il materiale, o la sua stessa superficie, da vegetazione inferiore o superiore (muschi, licheni, alghe, apparati radicali di piante infestanti, ecc.). Questi trattamenti possono essere effettuati in maniera meccanica e/o spargendo disinfestanti liquidi (da applicare a pennello o con apparecchiatura a spruzzo), in gel o in polvere, ripetendo il trattamento periodicamente. E' necessario impiegare prodotti la cui capacità tossica decada rapidamente, e la cui efficacia sia il più possibile limitata alle specie invasive da eliminare.

Questi tipi di trattamenti devono sempre essere effettuati con la massima cura ed in piena sicurezza per gli operatori, sempre e comunque autorizzati dalle autorità competenti alla tutela del bene, dietro specifica autorizzazione e controllo della D.L.

Tali trattamenti non devono mai essere effettuati in maniera generalizzata, ma solamente in modo puntuale e finalizzato, previa l'acquisizione di tutti i dati necessari per la conoscenza precisa del materiale sottostante (consistenza fisico-materica, composizione chimica), del tipo di infestante presente e del tipo di prodotto da utilizzarsi.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

### **Eliminazione di alghe, muschi e licheni**

Muschi, alghe e licheni crescono frequentemente in punti fortemente umidi, in ombra, non soggette a soleggiamento, o, ancora, perché alimentate da acque di risalita, meteoriche, disperse, da umidità di condensazione.

Nei limiti del possibile quindi, prima di operare qualsiasi intervento a carattere diretto, sarà necessario eliminare tutte quelle cause riscontrate al contorno generanti le patologie, per evitare che l'operazione di disinfestazione perda chiaramente efficacia.

Muschi, alghe e licheni possono esercitare negative azioni chimiche e meccaniche sul substrato che li ospita provocandone la progressiva disgregazione o fenomeni di corrosione, interferendo cromaticamente sull'aspetto delle superfici interessate per impedirne una corretta lettura. L'azione di alcuni tipi di alghe e batteri può portare a concentrare il ferro all'interno delle superfici, dove esso si ossida macchiando i manufatti in maniera profonda. I licheni, forme simbiotiche di alghe e funghi, sono in particolare molto dannosi; penetrando nelle micro fessure, con i loro talli, possono esercitare pressioni sulle pareti delle stesse e comunque introdurre soluzioni chimiche corrosive (acido carbonico, ossalico, ecc.).

L'eventuale disinfestazione contro la presenza di alghe cianoficee e cloroficee sarà effettuata mediante appropriati sali di ammonio quaternario (cloruri di alchilidimetilbenzilammonio) si potrebbero utilizzare altri prodotti come il formolo ed il fenolo, pur essendo meno efficaci del precedente. Sempre per l'operazione di disinfestazione contro le alghe, potranno essere utilizzati composti di rame, quali il solfato di cupitetramina  $(\text{NH}_3)_4\text{CuSO}_4$  e i complessi solfato di rame idrazina  $\text{CuSO}_4 \cdot (\text{N}_2\text{H}_5)_2\text{SO}_4$ , o anche i sali sodici dell'acido dimetiltiocarbammico e del mercaptobenzotriazolo. I biocidi di cui al presente paragrafo sono generalmente

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

solubili in acqua e saranno utilizzati per l'operazione di disinfestazione in soluzioni all'1/3%.

I trattamenti potranno essere ripetuti, qualora si ritenesse necessario, e andranno sempre conclusi con abbondanti lavaggi con acqua deionizzata per eliminare ogni residuo di biocida. Nei casi più ostinati e difficili, potranno essere utilizzate soluzioni più concentrate, eventualmente sospese in fanghi o paste opportune (mediante argilla, metilcellulosa, ecc.) e lasciate agire per tempi sufficientemente lunghi (anche 1 o 2 giorni).

Poiché i muschi crescono su substrati argillosi depositati sulle superfici e formano escrescenze ed anche tappeti uniformi piuttosto aderenti, sarà necessario far precedere alla disinfestazione vera e propria una prima rimozione meccanica a mezzo di spatole e di altri strumenti (pennelli a setole rigide, scopinetti, ecc.) onde evitare di abradere la superficie dei manufatti. L'operazione successiva consisterà nell'applicazione del biocida che potrà essere specifico per certe specie oppure a vasto raggio di azione. Si potrà ancora agire contro muschi e licheni mediante l'applicazione di una soluzione acquosa all'1-2% di ipoclorito di litio.

Tutti i biocidi menzionati, pur non essendo in linea di massima tossici per l'uomo, saranno comunque da utilizzarsi con molta attenzione e cautela in quanto possono risultare irritanti, specie in soggetti sensibili, o creare allergie, o essere pericolosi per gli occhi e le mucose.

Si dovranno quindi sempre impiegare, nella loro manipolazione, guanti ed eventuali occhiali, osservando le norme generali di prevenzione degli infortuni relativi all'uso di prodotti chimici velenosi.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

### **4.1.3. CONSOLIDAMENTO DEI MATERIALI**

#### **Generalità**

All'Appaltatore sarà vietato effettuare qualsiasi tipo di operazione e l'utilizzo di prodotti, anche prescritti, senza la preventiva esecuzione di prove applicative o esplicita autorizzazione della D.L. In ogni caso, ogni intervento di consolidamento dovrà essere di carattere puntuale, mai generalizzato. Ad operazione effettuata sarà sempre opportuno verificarne l'efficacia tramite prove e successive analisi, anche con controlli periodici cadenzati nel tempo.

Il consolidamento di un materiale consiste in un intervento atto a migliorarne le caratteristiche meccaniche, in particolare la resistenza agli sforzi e la coesione, senza alterare patologicamente le prestazioni igrotermiche.

È possibile effettuare vari tipi di consolidamento:

#### Consolidamento chimico

L'intervento può consistere in un trattamento di somministrazione in profondità di sostanze in soluzione che siano in grado, una volta evaporato il solvente, di fissarsi al materiale elevandone i parametri di resistenza.

#### Consolidamento corticale

Le stesse sostanze possono essere applicate localmente o in modo generalizzato sulla superficie del materiale per ristabilire la coesione di frazioni degradate con gli strati sani sottostanti.

Il trattamento chimico di consolidamento si applica a materiali sufficientemente porosi (pietra, malte, laterizi, legname), in grado di assorbire composti leganti compatibili in soluzione.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

Le sostanze consolidanti possono essere leganti dello stesso tipo di quelli contenuti naturalmente nel materiale oppure sostanze naturali o sintetiche estranee alla composizione originaria del materiale ma comunque in grado di migliorarne le caratteristiche fisiche.

Per i materiali non porosi o scarsamente porosi (metalli, elementi lapidei ad alta densità, vetro, cemento armato), data l'impossibilità di realizzare una diffusa e sicura penetrazione in profondità di sostanze in soluzione, il consolidamento consiste, invece, nella ricomposizione di fratture, nella solidarizzazione di parti distaccate o nel ripristino delle sezioni reagenti.

#### Consolidamento statico

Il consolidamento può consistere nella messa in opera di elementi rigidi che abbiano il compito di ristabilire la staticità degli elementi del manufatto compromessa dal degrado o inadatta a mutate condizioni di esercizio.

Il consolidamento statico si avvale di soluzioni che vengono elaborate caso per caso.

#### **Applicazione dei principali consolidanti**

Il consolidamento chimico si avvale di diverse categorie di prodotti, classificati in base alla composizione e alle modalità di impiego. Nella scelta del prodotto è fondamentale conoscere in modo approfondito il materiale da trattare, le patologie rilevate o da prevenire e, nel caso di adeguamento funzionale a nuovi carichi e a nuovi standard di sicurezza, le nuove prestazioni funzionali che si richiedono.

Poiché il recupero della coesione e della capacità resistente del materiale è il primo obiettivo del consolidamento, mentre può sembrare opportuno ricorrere a prodotti che saturino quanto più possibile il volume dei pori del materiale, è invece consigliabile usare sostanze che occupano solo parzialmente i pori, in modo da

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

mantenere un'alta permeabilità al vapore. Un altro parametro da non sottovalutare è la profondità di penetrazione e di diffusione della soluzione consolidante, che deve essere più alta possibile, in modo da evitare la formazione di uno strato solamente superficiale ad elevata resistenza o una diffusione disomogenea del prodotto.

La reversibilità è un altro requisito necessario ad un prodotto consolidante; è utile però soprattutto per migliorare la penetrazione del prodotto, somministrando ulteriore solvente e per rimuovere sbavature all'esterno. In pratica è pressoché impossibile estrarre sostanze penetrate e solidificate all'interno di un materiale poroso.

In base alla composizione chimica possiamo individuare due categorie principali di consolidanti, i consolidanti inorganici e quelli organici.

#### Consolidanti inorganici

Sono sostanze che hanno generalmente una grande affinità con i materiali da trattare e che, di norma, possiedono la stessa struttura chimica del materiale da consolidare; in altri casi, si impiegano le stesse componenti principali del materiale come nel caso delle malte e delle pietre calcaree per le quali viene usato il latte di calce, mentre su murature, malte e pietre vengono usati prodotti a base silicatica. I consolidanti inorganici, rispetto a quelli organici sono piuttosto fragili e poco elastici, saldano solo fratture di lieve entità e possono avere scarsa penetrazione; per contro hanno una durata superiore.

#### Consolidanti organici

Sono perlopiù polimeri sintetici in soluzioni viscosi che possono dare delle difficoltà di penetrazione; capita anche che il solvente, evaporando, riporti il consolidante in superficie. Hanno una buona idrorepellenza, ma invecchiano facilmente per effetto

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

dell'ossigeno atmosferico, dell'acqua, dei raggi ultravioletti, dell'alta temperatura e degli agenti biologici, per cui infragiliscono e cambiano colore, modificando anche sensibilmente la propria struttura chimica.

### **Metodi applicativi**

I metodi di applicazione dei prodotti consolidanti fluidi prevedono l'impiego di una strumentazione elementare (pennelli, rulli, apparecchi a spruzzo airless) o, nei casi in cui è richiesta una penetrazione più profonda e capillare, richiedono un impianto di cantiere più complesso; nei casi più semplici bisognerà delimitare e proteggere le zone non interessate dall'intervento in modo da raccogliere e riciclare la soluzione consolidante che non viene assorbita e provvedere a cicli continui di imbibizione. In particolare, si possono applicare batterie di nebulizzatori che proiettano il prodotto sulla superficie da trattare, oppure si possono realizzare impacchi di cotone, di cellulosa o di carta giapponese, che vengono tenuti costantemente imbevuti di sostanza consolidante.

Qualora le parti da trattare siano smontabili (statue, elementi decorativi, balaustre estremamente degradate) o distaccate, il trattamento in laboratorio è quello che garantisce la massima efficacia. I manufatti saranno impregnati in contenitori di resina, per immersione parziale o totale o per impregnazione sotto vuoto. Anche su materiali in situ è comunque possibile ottimizzare l'impregnazione ricoprendo le parti da trattare con fogli di polietilene, sigillandone i bordi con lattice di gomma e nastri adesivi, in modo da poter creare il vuoto fra superficie della pietra e fogli di protezione, dove può essere iniettata la resina. In alternativa si possono realizzare, con lo stesso principio e gli stessi materiali, delle tasche di dimensioni ridotte per impregnare a fondo zone articolate e particolarmente degradate.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

I tempi di applicazione variano in rapporto al prodotto, al sistema scelto, alla porosità del materiale e possono variare da poche ore a diversi giorni.

In generale i prodotti consolidanti potranno essere applicati: - ad airless, tramite l'utilizzo di apposite apparecchiature in grado di vaporizzare il liquido messo in pressione da pompa oleo-pneumatica; - tramite applicazione a pennello morbido, sino a rifiuto, utilizzando i prodotti in soluzione particolarmente diluita, aumentando gradualmente la concentrazione sino ad oltrepassare lo standard nelle ultime riprese. Sarà utile alternare mani di soluzione delle resine (se in solvente) a riprese di solo solvente per ridurre al minimo l'effetto di bagnato; - tramite applicazione a tasca, da utilizzarsi per impregnazioni particolari di decori, oggetti, formelle finemente lavorate e fortemente decoese. Si tratta di applicare intorno alla zona da consolidare una sorta di tasca, collocando nella parte inferiore una specie di gronda impermeabilizzata (ad esempio di cartone imbevuto di resina epossidica), con lo scopo di recuperare il prodotto consolidante in eccesso. La zona da consolidare potrà essere riscoperta da uno strato di cotone idrofilo ed eventualmente chiusa da politene; nella parte alta, viceversa, si collocherà un tubo con tanti piccoli fori con la funzione di distributore. Il prodotto consolidante sarà spinto da una pompa nel distributore e da qui attraverso il cotone idrofilo penetrerà nella zona da consolidare; l'eccesso di resina che si raccoglierà nella grondaia verrà recuperato e rimesso in circolo. Sarà necessario assicurarsi che il cotone idrofilo sia sempre perfettamente in contatto con la superficie interessata; - applicazione per percolazione: si tratta di una semplificazione del metodo precedente. Un opportuno distributore verrà collocato nella parte superiore della superficie da trattare, il prodotto, distribuito lungo un segmento, per gravità tenderà a scendere impregnando la superficie da trattare per capillarità. La quantità di prodotto in uscita dal distributore dovrà essere calibrato in modo tale da garantire un graduale e continuo assorbimento evitando

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

eccessi di formulato tali da coinvolgere aree non interessate. Il distributore potrà essere costituito da un tubo o da un canaletto forato con nella parte inferiore dello stesso un pettine o una spazzola con funzione di distributore.

#### ***4.1.4. PROTEZIONE DEI MATERIALI***

##### **Generalità**

Operazione da effettuarsi nella maggior parte dei casi al termine degli interventi prettamente conservativi.

La scelta delle operazioni di protezione da effettuarsi e/o degli specifici prodotti da utilizzarsi andrà sempre concordata con gli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento, così pure dietro autorizzazione e indicazione della D.L.

L'utilizzo di specifici prodotti sarà sempre preceduto da test di laboratorio o in situ in grado di verificarne l'effettiva efficacia in base al materiale da preservare.

##### **Interventi diretti**

Consistono in trattamenti con sostanze chimiche analoghe a quelle impiegate per il consolidamento, applicate a formare una barriera superficiale trasparente e idrorepellente che impedisca o limiti considerevolmente il contatto con sostanze patogene esterne. Ne è sconsigliabile l'impiego a protezione di intonaci e di materiali lapidei, di scialbi di malta di calce, da utilizzare come strato di sacrificio; il risultato è l'occultamento della superficie del manufatto e l'esibizione del progressivo degrado che intacca la nuova superficie fino a richiederne il rinnovo.

Anche i protettivi chimici hanno una durata limitata, valutabile intorno alla decina di anni, ma, oltre che per le caratteristiche di trasparenza, sono preferibili agli scialbi in quanto realizzano un ampio filtro contro la penetrazione di acqua e delle sostanze che questa veicola. In alcuni casi sono le stesse sostanze impiegate nel ciclo di

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

consolidamento che esercitano anche un'azione protettiva, se sono in grado di diminuire la porosità del materiale rendendolo impermeabile all'acqua.

Le principali caratteristiche di base richieste ad un protettivo chimico sono la reversibilità e l'inalterabilità, mentre il principale requisito prestazionale è l'idrorepellenza, insieme con la permeabilità al vapore acqueo.

La durata e l'inalterabilità del prodotto dipendono, innanzitutto, dalla stabilità chimica e dal comportamento in rapporto alle condizioni igrotermiche e all'azione dei raggi ultravioletti. L'alterazione dei composti, oltre ad influire sulle prestazioni, può portare alla formazione di sostanze secondarie, dannose o insolubili, che inficiano la reversibilità del prodotto. I protettivi chimici più efficaci appartengono alle stesse classi dei consolidanti organici (resine acriliche, siliconiche, acrilisiliconiche, molto usate su intonaci e pietre), con l'aggiunta dei prodotti fluorurati. Questi ultimi, in particolare i perfluoropolieteri, sono sostanze molto resistenti agli inquinanti, ma tendono ad essere rimosse dall'acqua. Per la protezione di alcuni materiali lapidei e dei metalli, oltre che delle terrecotte, vengono impiegati anche saponi metallici e cere microcristalline; i legnami vengono invece trattati con vernici trasparenti resinose, ignifughe e a filtro solare.

In condizioni di elevata esposizione delle superfici alle radiazioni luminose e alle precipitazioni atmosferiche, per ovviare ai rischi di alterazione cromatica o scarsa durata dei protettivi chimici, si può scegliere di proteggere le superfici orizzontali dalla pioggia battente o dai ristagni d'acqua con delle copertine di malta o geopolimeri.

In questo CSA non sono previste protezioni dirette di tipo chimico.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

### **Metodi applicativi**

La fase applicativa dei prodotti protettivi richiederà una certa cautela ed attenzione, sia nei confronti del materiale e sia per l'operatore che dovrà essere munito di apposita attrezzatura di protezione secondo normativa. In generale i prodotti dovranno essere applicati su supporti puliti, asciutti e privi di umidità a temperature non eccessive (possibilmente su paramenti non esposti ai raggi solari) onde evitare un'evaporazione repentina dei solventi utilizzati.

L'applicazione si effettuerà irrorando le superfici dall'alto verso il basso, in maniera uniforme, sino a rifiuto.

#### **4.1.5. MALTE E CONGLOMERATI**

##### **Generalità**

La composizione delle malte, l'uso particolare di ognuna di esse nelle varie fasi del lavoro, le eventuali integrazioni con additivi, inerti, resine, polveri di marmo, cocchio pesto, particolari prodotti di sintesi chimica, ecc., saranno indicati dalla D.L. sulla base dei risultati ottenuti dalla fase diagnostica.

Nella preparazione delle malte si dovranno usare sabbie di granulometria e natura chimica appropriata. Saranno, in ogni caso, preferite le sabbie di tipo siliceo o calcareo, mentre andranno escluse quelle provenienti da rocce friabili o gessose; non dovranno contenere alcuna traccia di cloruri, solfati, materie argillose, terrose, limacciose e polverose. I componenti di tutti i tipi di malte dovranno essere mescolati a secco.

L'impasto delle malte dovrà effettuarsi manualmente o con appositi mezzi meccanici, dovrà risultare omogeneo e di tinta uniforme. I vari componenti, con l'esclusione di quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno, ad ogni impasto, essere misurati sia a peso che a volume. La calce spenta in pasta dovrà essere

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

accuratamente rimescolata in modo che la sua misurazione riesca semplice ed esatta.

Tutti gli impasti dovranno essere preparati nella quantità necessaria per l'impiego immediato e possibilmente in prossimità del lavoro. I residui di impasto non utilizzati immediatamente dovranno essere gettati a rifiuto fatta eccezione per quelli formati con calce comune che, il giorno stesso della loro miscelazione, potranno essere riutilizzati.

Tutte le prescrizioni relative alle malte faranno riferimento alle indicazioni fornite nella Parte Seconda del presente capitolato.

I tipi di malta e le loro classi sono definite in rapporto alla composizione in volume secondo la tabella seguente (D.M. 9 gennaio 1987):

### Composizione

Malte di diverse proporzioni nella composizione confezionate anche con additivi, preventivamente sperimentate, possono essere ritenute equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media e compressione risulti non inferiore ai valori seguenti:

Classe	Tipo	Composizione				
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	Pozzolana
M4	Idraulica	-	-	1	3	-
M4	Pozzolonica	-	1	-	-	3
M4	Bastarda	1	-	2	9	-
M3	Bastarda	1	-	1	5	-
M2	Cementizia	1	-	0,5	4	-
M1	Cementizia	1	-	-	3	-

Alla malta cementizia si potrà aggiungere una piccola quantità di calce aerea con funzione plastificante. Malte di diverse proporzioni nella composizione confezionate anche con additivi, preventivamente sperimentate, possono essere ritenute

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media e compressione risulti non inferiore ai valori seguenti:

12 N/mm<sup>2</sup> (120 Kgf/cm<sup>2</sup>) per l'equivalenza alla malta M1

18 N/mm<sup>2</sup> (80 Kgf/cm<sup>2</sup>) per l'equivalenza alla malta M2

15 N/mm<sup>2</sup> (50 Kgf/cm<sup>2</sup>) per l'equivalenza alla malta M3

12,5 N/mm<sup>2</sup> (25 Kgf/cm<sup>2</sup>) per l'equivalenza alla malta M4

### **Malte e conglomerati**

I quantitativi dei diversi materiali da impiegare per la composizione delle malte e dei conglomerati, secondo le particolari indicazioni che potranno essere imposte dalla D.L. o stabilite nell'elenco prezzi o nelle singole schede tecniche del presente C.S.A., dovranno corrispondere le seguenti proporzioni:

a) Malta comune

Calce spenta in pasta mc 0,25- 0,40

Sabbia mc 0,85 - 1,0

b) Malta grassa di pozzolana

Calce spenta in pasta mc 0,22

Pozzolana grezza mc 1,10

c) Malta mezzana di pozzolana

Calce spenta in pasta mc 0,25

Pozzolana vagliata mc 1,10

d) Malta fina di pozzolana

Calce spenta in pasta mc 0,28

Pozzolana vagliata mc 1,05

e) Malta idraulica

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

Calce idraulica q.li (1)

Sabbia mc 0,90

f) Malta per stucchi

Calce spenta in pasta mc 0,45

Polvere di marmo mc 0,90

(1) Da 3 a 5, secondo l'impiego che si dovrà fare della malta;

Quando la D.L. ritenesse di variare tali proporzioni, l'Appaltatore sarà obbligato ad uniformarsi alle prescrizioni delle medesime.

I materiali, le malte ed i conglomerati, esclusi quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno ad ogni impasto essere misurati con apposite casse della capacità prescritta dalla D.L., che l'Appaltatore sarà in obbligo di provvedere e mantenere a sue spese costantemente su tutte le zone ove verrà effettuata la manipolazione. La calce spenta in pasta non dovrà essere misurata in fette, come viene estratta con badile dal calcinaio, bensì dopo essere stata rimescolata e ricondotta ad una pasta omogenea consistente e ben unita.

L'impasto dei materiali dovrà essere fatto a braccia d'uomo, su aree convenientemente pavimentate e/o protette onde evitare di sporcare o inquinare il terreno naturale, oppure a mezzo di macchine impastatrici o mescolatrici.

### **Malte preconfezionate**

Sono malte in grado di garantire maggiore affidabilità di esatta formulazione rispetto a quelle dosate manualmente spesso senza le attrezzature idonee. Risulta spesso difficoltoso, infatti, riuscire a dosare in maniera corretta le ricette cemento/additivi, inerti/cementi, il dosaggio di particolari inerti, rinforzanti, additivi.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

Si potrà quindi ricorrere a malte con dosaggio controllato, confezionate con controllo automatico ed elettronico, in modo che nella miscelazione le sabbie vengano selezionate in relazione ad una curva granulometrica ottimale e i cementi ad alta resistenza e gli additivi chimici rigorosamente dosati. Tali malte sono in grado di garantire un'espansione controllata.

Anche utilizzando tali tipi di malte, l'Appaltatore sarà sempre tenuto, nel corso delle operazioni di preparazione delle stesse, su richiesta della D.L., a prelevare campioni rappresentativi per effettuare le prescritte prove ed analisi, che potranno essere ripetute durante il corso dei lavori od in sede di collaudo.

Le malte preconfezionate potranno essere usate per stuccature profonde, incollaggi, ancoraggi, rappezzi, ed in genere, per tutti quei lavori previsti dal progetto, prescritti dal contratto o richiesti dalla D.L.

In ogni fase l'Appaltatore dovrà attenersi alle istruzioni per l'uso prescritte dalle ditte produttrici che, spesso, prevedono un particolare procedimento di preparazione atto a consentire una distribuzione più omogenea dell'esiguo quantitativo d'acqua occorrente ad attivare l'impasto. Dovrà altresì utilizzare tutte le apparecchiature più idonee per garantire ottima omogeneità all'impasto oltre a contenitori specifici di adatte dimensioni.

Dovrà inoltre attenersi a tutte le specifiche di applicazione e di utilizzo fornite dalle ditte produttrici.

Sarà in ogni modo consentito l'uso di malte premiscelate pronte per l'uso purché ogni fornitura sia accompagnata da specifiche schede tecniche relative al tipo di prodotto, alle tecniche di preparazione e applicazione oltre che da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

Nel caso in cui il tipo di malta non rientri tra quelli prima indicati, il fornitore dovrà certificare con prove ufficiali anche le caratteristiche di resistenza della malta stessa.

### **Conglomerati di resina sintetica**

Saranno da utilizzarsi secondo le modalità di progetto, dietro specifiche indicazioni della D.L. e sotto il controllo degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

Trattandosi di materiali particolari, commercializzati da varie ditte produttrici, essi dovranno presentare alcune caratteristiche di base garantendo elevate resistenze meccaniche e chimiche, ottime proprietà di adesione, veloce sviluppo delle proprietà meccaniche, buona lavorabilità a basse ed elevate temperature, sufficiente tempo di presa.

Si dovranno confezionare miscelando adatti inerti, con le resine sintetiche ed i relativi indurenti. Si potrà, in fase di intervento, variarne la fluidità regolandola in funzione del tipo di operazione da effettuarsi e relativamente al tipo di materiale da trattare. Per la preparazione e l'applicazione dei conglomerati, ci si dovrà strettamente attenere alle schede tecniche dei produttori che dovranno, altresì, fornire tutte le specifiche relative al tipo di materiale, allo stoccaggio, ai mezzi da utilizzarsi per l'impasto e la miscelazione, alle temperature ottimali di utilizzo e di applicazione. Sarà sempre opportuno dotarsi di idonei macchinari esclusivamente dedicati a tali tipi di prodotti (betoniere, mescolatrici, attrezzi in genere). Per i formulati a due componenti sarà necessario calcolare con precisione il quantitativo di resine e di indurente da utilizzare, attenendosi, con la massima cura ed attenzione, alle specifiche del produttore.

Resta in ogni caso assolutamente vietato regolare il tempo d'indurimento aumentando o diminuendo la quantità di indurente.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

Si dovrà, comunque, operare con le migliori condizioni termoigrometriche, applicando il conglomerato preferibilmente con temperature dai 12 ai 20°C, con umidità relativa del 40-60% ed evitando l'esposizione al sole.

I materiali e le superfici su cui saranno applicati i conglomerati di resina dovranno essere perfettamente asciutti ed opportunamente preparati tramite accurata pulitura.

L'applicazione delle miscele dovrà sempre essere effettuata nel pieno rispetto delle norme sulla salute e salvaguardia degli operatori.

#### **4.1.6. SUPERFICI IN GRANITO - INTERVENTI DI CONSERVAZIONE**

##### **Generalità**

Si tratta di interventi specifici e particolari per i quali si dovrà impiegare personale specializzato e ricorrere, se espressamente richiesto, a consulenti tecnici. La D.L., prima di realizzare interventi di preconsolidamento, pulitura, consolidamento e protezione dei manufatti, potrà chiedere l'elenco del personale tecnico impiegato per sottoporlo all'approvazione degli organi proposti alla tutela del bene in oggetto. Prima di procedere al consolidamento di qualsiasi tipo di manufatto, l'Appaltatore dovrà rimuovere le sostanze patogene in aggressione al materiale (efflorescenze, concrezioni, microrganismi animali e/o vegetali, erbe, arbusti, terriccio, croste nere, macchie scure, ecc.) usando materiali, modalità, attrezzi e tempi di lavorazione e di applicazione che, su specifica indicazione della D.L. e secondo quanto già prescritto dai capitoli specifici relativi alla pulitura dei materiali, si diversificheranno in relazione al tipo di manufatto, al suo stato di conservazione, alla natura della sostanza in aggressione ed ai risultati delle ulteriori analisi di laboratorio.

Il fissaggio ed il consolidamento degli strati superficiali che hanno subito una perdita di coesione si dovranno eseguire applicando sostanze adesive aventi le

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

caratteristiche richieste nei capitoli relativi ai materiali consolidanti, per mezzo di pennelli, di nebulizzatori, di airless, di iniettori, di sistemi a vuoto o di altre tecnologie purché previste dagli elaborati di progetto ed approvate dagli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

Le lesioni profonde andranno stuccate, salvo diverse disposizioni, preferibilmente con malte a base di calce e sabbia dello stesso colore e natura del litotipo originale, eventualmente additivate.

### **Stucature e trattamento di fessurazioni e lacune**

I lavori di restauro di elementi lapidei dovranno essere eseguiti con le metodologie ed i materiali già prescritti dal presente capitolato ed attenendosi alle Note sui Trattamenti Conservativi dei Manufatti Lapedei elaborate dal Laboratorio Prove sui Materiali ICR Roma 1977 e successive.

L'Appaltatore, accertato, mediante le prescritte analisi, lo stato di conservazione del manufatto, dovrà variare le modalità d'intervento in relazione al tipo di degrado ed alle specifiche contenute nelle apposite schede operative e alle prescrizioni del presente C.S.A.

Se il materiale lapideo dovesse presentare superfici microfessurate e a scaglie, queste ultime, prima dell'esecuzione della pulizia, dovranno essere fissate con i prescritti adesivi. L'Appaltatore, inoltre, dovrà eseguire le velature facendo aderire la carta giapponese alle scaglie mediante resine reversibili. Infine, consoliderà l'intera struttura dell'elemento lapideo iniettando le stesse resine meno diluite.

Se il materiale lapideo dovesse presentare superfici fessurate in profondità e ricoperte da ampie scaglie, l'Appaltatore dovrà fissare le parti instabili con adeguati sistemi di ancoraggio (vincoli meccanici di facile montaggio e rimozione, strutture

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

lignee, ecc.). Quindi, completate le lavorazioni, dovrà consolidare l'elemento lapideo con i sistemi ed i materiali prescritti e provvedere alla rimozione delle strutture di protezione.

Nelle malte da impiegare nella realizzazione delle stuccature è fondamentale la compatibilità dei componenti, soprattutto per quanto riguarda il comportamento rispetto alle variazioni di temperatura e di umidità atmosferiche e la permeabilità all'acqua e al vapore.

In ogni caso, gli impasti utilizzabili per le stuccature saranno selezionati dalla D.L. sulla base degli esiti della fase diagnostica.

Se le fessure sono profonde si procede al riempimento dapprima con uno stucco idraulico (formato da grassello di calce con aggregati di cocchiopesto o pozzolana di finezza idonea alla larghezza del distacco), per rifinire poi la parte superficiale con un impasto più fine.

Per le lesioni strutturali si potranno utilizzare anche miscele a base di malte epossidiche, che hanno però un modulo elastico molto alto e presentano scarsa resistenza all'azione dei raggi ultravioletti, per cui non è consigliabile la loro applicazione in superficie, ma soltanto in stuccature profonde o come adesivi strutturali o nei casi di inserimento di perni metallici.

### **Conservazione di paramento lapideo mediante micro barre di armatura**

Previa accurata ispezione del manufatto, in modo da individuare con precisione tutte le parti in fase di distacco, l'Appaltatore, sempre attraverso l'intervento di restauratori specializzati, avrà l'obbligo di mettere in sicurezza, tramite perni e/o altri accorgimenti, le zone che potrebbero accusare notevoli danni a causa delle sollecitazioni prodotte dai lavori di conservazione.

Quindi dovrà:

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

1. praticare delle perforazioni aventi il diametro e la profondità prescritti dagli elaborati di progetto o ordinati dalla D.L.;
2. aspirare mediante una pipetta di gomma i detriti della perforazione e le polveri depositatesi;
3. iniettare con adatta siringa una miscela acqua/alcool al fine di pulire la zona distaccata;
4. applicare all'interno del foro un batuffolo di cotone;
5. provvedere alla sigillatura delle zone in cui si siano manifestate, durante la precedente iniezione, perdite di liquido;
6. iniettare, se richiesto, attraverso il batuffolo di cotone, una soluzione a basi di adesivo acrilico in emulsione (primer);
7. iniettare, dopo aver asportato il batuffolo di cotone, una parte della miscela idraulica in modo da riempire circa il 50 % del volume del foro;
8. collocare il perno precedentemente tagliato a misura;
9. iniettare la rimanente parte di miscela idraulica evitando il percolamento della miscela all'esterno.

## **4.2. PARTE II: FASI OPERATIVE**

### **4.2.1. DOCUMENTAZIONE DEI RESTAURI**

A carico dell'appaltatore sarà la produzione di documentazione, sia grafica che fotografica, dello stato di conservazione di tutte le superfici, da riportarsi su grafici CAD forniti dal gruppo di progettazione ed una relazione che documenti lo stato precedente al restauro, le operazioni di restauro svolte e il risultato finale.

Nella documentazione saranno inclusi i risultati degli studi diagnostici eseguiti a supporto delle operazioni conservative.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

### **Documentazione grafica e fotografica**

La documentazione grafica dovrà prevedere la mappatura dello stato di conservazione e del degrado, oltre che della tecnica esecutiva, relativa agli interventi necessari per tutti i manufatti lapidei oggetto dell'intervento.

Dovranno essere allestite tavole tematiche così suddivise:

1) Tavole di rilievo grafico dello stato di conservazione sulle quali dovranno essere riportati:

- la mappatura delle lacune di maggiore entità;
- la presenza di infestazioni biologiche;
- la localizzazione delle efflorescenze saline;
- la localizzazione di stuccature;
- la localizzazione delle maggiori zone di decoesione;
- particolarità o anomalie delle superfici;
- alterazioni cromatiche;
- croste nere;
- la localizzazione e l'ampiezza dei distacchi e fessurazioni;
- la localizzazione di perni e di materiali metallici non idonei;
- i punti di campionamento ed i punti di misura delle indagini diagnostiche.

I diversi tipi di degrado dovranno essere contraddistinti da un diverso segno grafico.

2) Tavole di rilievo delle tecniche esecutive e dei restauri precedenti, sulle quali verranno riportati:

- la presenza di interventi pregressi non originali;

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

- la presenza localizzata di trattamenti protettivi delle superfici;
- la localizzazione dei passati inserimenti di imperniaggi.

I diversi punti dovranno essere contraddistinti da un segno grafico.

3) Tavole di documentazione grafica del restauro sulle quali dovranno essere riportati:

- i punti di iniezione di consolidanti e l'inserimento eventuale di perni di collegamento dei distacchi;
- le zone interessate da puliture localizzate;
- le zone interessate da trattamenti diversificati (preconsolidamenti e eventuali consolidamenti diversificati, ripetizione localizzata di trattamenti biocidi, ecc.);
- le zone interessate da consolidamento;
- le zone interessate da ricostruzione plastica in pietra;
- le zone di inserimento di perni o legature con fibre sintetiche;

Le tavole dovranno essere in scala 1:50 e dovranno essere prodotte sia in copia cartacea che in formato digitale (DVD, CD, HDD ecc.).

4) La documentazione fotografica dovrà documentare:

- lo stato di fatto dei manufatti prima del restauro, con inquadrature generali e con i particolari delle superfici interessate;
- le varie fasi operative;
- ogni singola voce riportata nelle tavole grafiche di cui ai precedenti punti 1) e 2);

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

- lo stato dopo gli interventi di restauro con inquadrature generali e con i particolari di maggiore interesse.

Le fotografie dovranno essere consegnate in formato digitale con risoluzione minima 3060x2036 a 300 dpi inclusa stampa a colori 18x24.

### **Relazione di restauro**

La relazione di restauro dovrà documentare:

- lo stato di conservazione iniziale,
- le operazioni conservative, particolareggiando i metodi e i materiali impiegati (qualità, quantità, tempi e modi di applicazione),
- le finalità critiche dell'intervento;
- i risultati delle indagini diagnostiche eseguite;
- i risultati dell'intervento di restauro e le eventuali criticità per la conservazione futura delle opere.

#### ***4.2.2. INDAGINI DIAGNOSTICHE***

##### **Descrizione e finalità**

L'Appaltatore è tenuto a procedere con preventive indagini diagnostiche sui manufatti al fine di identificare le soluzioni di più efficace intervento e che non compromettano l'integrità del bene originario. Le indagini diagnostiche verranno eseguite in accordo con la D.L. sia per quanto riguarda il numero e la tipologia di analisi e sia per quanto riguarda i punti di esecuzione delle misure o dei punti di campionamento.

Col fine di individuare i prodotti specifici e le metodologie di applicazione più efficaci per la conservazione delle opere, gli scopi della campagna diagnostica sono quelli di:

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

- A. verificare l'avvenuta pulitura del materiale lapideo naturale;
- B. verificare il consolidamento del litotipo;
- C. individuare una o più malte di intervento con comportamento alle variazioni termoigrometriche simile alla pietra impiegata per la realizzazione degli originali;
- D. individuare la presenza di perni metallici e staffe occultati o stuccature che differenzino dal materiale lapideo per comportamento termico;
- E. verificare l'eventuale differenza nel comportamento termico dei sistemi di ancoraggio e stuccatura impiegati nel restauro.

Le tecniche di indagine verranno scelte in relazione alle criticità presentate e in accordo con la D.L., sulle linee guida espresse dal Piano diagnostico.

#### **Criteri di esecuzione e caratteristiche dei materiali.**

I risultati delle indagini diagnostiche dovranno essere riportati in una relazione contenente le seguenti informazioni:

- tipo di prova;
- oggetto della prova/localizzazione del punto di misura e/o di campionamento;
- descrizione del punto di campionamento;
- descrizione del campione;
- descrizione della preparazione del campione (es. cross section, sezioni sottile, metallizzazione, ecc.);
- modalità di esecuzione della misura e condizioni di misura (modello dello strumento e condizioni adottate per la misura; tempi di prova, sequenze, eventuali intervalli);
- riferimenti normativi;
- obiettivo dell'analisi;

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

- risultati delle misure indirette ed eventuali interpolazioni, risultati delle misure dirette (spettri, diagrammi, grafici, cromatogrammi ecc. con l'assegnazione dei relativi componenti identificativi di elementi o molecole);
- unità di misure e tolleranze;
- eventuali condizioni che alterano la prova;
- interpretazione dei risultati;
- relazione conclusiva (raffronto tra i dati ottenuti su differenti campioni prelevati dalla stessa opera, raffronto tra i dati ottenuti con differenti tipi di prova, valutazione del raggiungimento degli obiettivi dell'analisi).

### **Individuazione delle malte d'intervento**

Quello che ci si propone di ottenere è la formulazione di una o più malte che siano compatibili con il materiale lapideo, in grado di restituire l'unitarietà di una superficie liscia, priva di fratture, scaglie, alveoli o altri fenomeni di degrado che, per aumento della superficie specifica, rendono la pietra maggiormente soggetta ad un ulteriore degrado, autoalimentandosi.

Il presente progetto di restauro prevede quindi interventi di stuccatura delle superfici degradate, col fine di proteggerle. Le malte dovranno essere resistenti, ma fungere anche da strato di sacrificio in caso di degrado: dovranno assorbire e rilasciare l'acqua più rapidamente del marmo, ma senza discostarsi troppo, causando soluzioni di continuità e distacchi fra pietra e malta.

Inoltre, dovranno rispondere ai requisiti fondamentali di:

- coerenza cromatica col litotipo,
- lavorabilità delle superfici, con la possibilità di essere lisciata per prevenire l'eccessivo assorbimento o deposizione di particolato atmosferico o sostanze inquinanti che possono attivare fenomeni di degrado.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

### **Controllo della capacità di assorbimento delle superfici**

Durante la fase di intervento, la misurazione della capacità di assorbimento di acqua mediante spugna di contatto (UNI 11432:2011) sarà un valido metodo per il controllo dell'effettivo consolidamento del materiale lapideo, nelle molteplici aree soggette a differenti processi di degrado (disgregazione, scagliatura, alveolizzazione, croste nere...).

Il restauratore avrà quindi la possibilità di verificare il comportamento della pietra nei confronti dell'assorbimento dell'acqua prima e dopo la fase di consolidamento e quella di stuccatura, su aree da lui individuate come significative dei differenti degradi, avendo cura di fornire relativa documentazione fotografica e localizzazione dei punti d'indagine.

#### **4.2.3. OPERE DI PROTEZIONE PROVVISORIE**

Verranno impiegati teli protettivi composti da materiali idonei a proteggere da polvere, colature, percolazioni e schizzi le opere durante le operazioni di restauro.

Verranno impiegati, ove necessario, telai in legno a supporto dei teli protettivi e metodi di apposizione delle protezioni, scelti caso per caso, che non rechino pregiudizio alla conservazione dei materiali da proteggere.

#### **Preconsolidamento di fessurazioni e distacchi**

La messa in sicurezza temporanea di porzioni di materiale in pericolo di caduta consiste nell'applicazione, sulle porzioni interessate, di veline o di tessuti di rinforzo, impiegando un adesivo idoneo.

La scelta del tipo di rinforzo viene fatta in funzione del peso e dell'ingombro del materiale in via di distacco: per piccoli sollevamenti di scaglie e ridotte porzioni di

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

materiale interessanti le finiture superficiali, potranno essere impiegati tessuti non tessuti applicati con resine acriliche o con ciclododecano; per porzioni aggettanti o per parti consistenti di materiale, verranno impiegati tessuti di idoneo titolo, anche sovrapposti tra loro. I tessuti impiegati saranno la garza in cotone direttamente a contatto con le superfici dei materiali, la pattina di lino, apposta sopra alla garza come strato strutturale, la patta di lino, come ulteriore rinforzo, apposta sopra alla prima pattina. Le tele di rinforzo verranno applicate o con resine sintetiche o con colla animale.

I prodotti adesivi saranno scelti in base alle loro caratteristiche adesive, alla loro penetrabilità, stabilità nel tempo e potenziale reversibilità ed in base alla loro compatibilità con i materiali costitutivi dell'opera, si potranno utilizzare prodotti inorganici naturali o sintetici selezionati dopo una attenta qualificazione, e quantificazione del fenomeno patologico anche in funzione delle condizioni termoigrometriche del supporto e dell'ambiente. La scelta dei collanti dovrà tenere in considerazione, inoltre, il tipo di consolidamento da impiegare nelle operazioni conservative di consolidamento successive alla pulitura, ed evitare, quando possibile, l'impiego di resine su zone da trattare successivamente con consolidanti di tipo minerale.

### **Protezione dei manufatti**

Per evitare il danneggiamento delle sculture durante la fase di trasporto, è previsto di realizzare una contro forma in poliuretano espanso in grado di consentire lo scarico del peso su una superficie il più ampia possibile durante la fase di sollevamento della cassaforma.

La schiuma non dovrà entrare a contatto direttamente con la superficie lapidea, che dovrà essere preventivamente isolata mediante interposizione di un film plastico,

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

carta siliconata o ciclododecano. L'Appaltatore, sarà quindi tenuto a procedere con la rimozione di tutte le soluzioni di protezione sopra elencate al fine di poter intervenire con le operazioni di restauro.

Le protezioni in poliuretano espanso, garza o velatino dovranno essere tempestivamente rimosse, non appena le sculture giungeranno nel laboratorio di restauro, per evitare l'impedimento alla traspirazione del materiale, la reticolazione delle resine sintetiche impiegate per le velature con conseguente difficoltà di rimozione dei residui o la sublimazione del ciclododecano e successiva possibile caduta di alcune porzioni.

Per rimuovere la controforma in poliuretano espanso potrebbe essere necessario il taglio della stessa in più punti. Questo dovrà avvenire manualmente prestando attenzione a non recare danno al materiale lapideo e nel rispetto della sicurezza dell'operatore, che dovrà operare con apposita maschera filtrante a protezione delle vie respiratorie dai gas che restano intrappolati nelle bolle d'espansione del poliuretano.

Le contro forme, se ancora utilizzabili, dovranno essere conservate negli stessi laboratori di restauro.

Seguirà quindi la rimozione dei preconsolidamenti con idoneo solvente, sino a completa asportazione delle garze e di eventuali residui di adesivo.

Al termine delle lavorazioni, l'Appaltatore sarà inoltre tenuto a procedere con la protezione temporanea dei manufatti ai fini del loro ulteriore trasporto e ricollocazione presso la sede successivamente scelta per la loro conservazione e musealizzazione.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

#### **4.2.4. RESTAURO CONSERVATIVO DELLE BASAMENTO IN GRANITO**

In riferimento agli interventi di restauro conservativo previsti, si prevedono le seguenti operazioni così suddivise:

1. Pulitura a secco tramite impiego di pennelli e/o spazzole a setole morbide, spugne e aspiratori a bassa pressione al fine di rimuovere i depositi superficiali in corrispondenza degli alveoli, delle fessurazioni e delle fratturazioni;
2. Rimozione dei depositi superficiali parzialmente aderenti con acqua, spruzzatori, pennelli, spazzole, spugne;
3. Stesura a spruzzo, a pennello o ad impacco di prodotto biocida, particolarmente in corrispondenza dei punti in cui è visibile la presenza di patina biologica infestante, con leggera spazzolatura e successivo risciacquo con acqua deionizzata per la rimozione del prodotto e del materiale biologico;
4. Nei casi di alveolizzazione, erosione e disgregazione, consolidamento del substrato lapideo per impregnazione di consolidante inorganico, non filmogeno, permeabile al vapore acqueo e che non causi alterazione cromatica;
5. Stuccatura in leggero sottolivello a riempimento degli alveoli, dei profili di disgregazione e di fessurazioni e fratturazioni con malta di calce e sabbia dello stesso colore e natura del litotipo originale, affine per traspirabilità e comportamento all'assorbimento e rilascio dell'acqua assorbita, priva di sali solubili e cromaticamente stabile nel tempo. Eventuale fissaggio di scaglie a pericolo di caduta via iniezione localizzata di soluzione acrilica debitamente diluita;
6. Rimozione dei residui di sostanze sovrammesse, dovute ad interventi pregressi e che causano fenomeni di alterazione cromatica, con compresse

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

imbevute di miscele di solventi e dei resti di incrostazioni e depositi con sali chelanti con successiva eventuale velatura finale per l'abbassamento delle patine persistenti;

7. Nei punti interessati da incrostazioni, impacco di soluzioni di sali chelanti a pH controllato e successiva rimozione meccanica con spazzole, bisturi o specilli;
8. Rimozione di precedenti stuccature inidonee per litotipo, cromia o proprietà. Sostituzione con stuccature realizzate in malta di calce e sabbia di stesso colore e natura del litotipo originale, affine per traspirabilità e comportamento all'assorbimento e rilascio dell'acqua assorbita, priva di sali solubili e cromaticamente stabile nel tempo;
9. Rimozione degli elementi metallici inidonei frutto di interventi statici pregressi (grappe metalliche, staffe, in corrispondenza del braccio sinistro della statua n. 1) previa assicurazione temporanea dell'integrità strutturale delle parti, pulitura e rimozione dei residui di ossidazione metallica;
10. Eventuale estrazione degli ossidi metallici percolati sugli elementi lapidei ed isolamento di quest'ultimi con trattamento idrorepellente per evitare future alterazioni cromatiche;
11. Progettazione e realizzazione di nuovi elementi di sostegno interni o esterni, in corrispondenza del braccio sinistro della statua n. 1, non ossidabili e minimi per ingombro e visibilità.

#### **4.2.4.1. Indicazioni operative riguardo gli interventi**

##### **OPERAZIONI DI PULITURA**

La pulitura del paramento lapideo conterà in più fasi, indicate nei punti precedenti, e dovrà riguardare tutte le superfici, ma calibrando le diverse fasi a seconda della natura delle patine da rimuovere.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

Le operazioni avranno lo scopo di liberare le superfici dai differenti depositi che alimentano il degrado (specialmente derivati dall'inquinamento atmosferico) e i precipitati che impediscono il consolidamento (gesso di neoformazione), restituendo anche omogeneità cromatica all'insieme.

### **Disinfezione con biocida**

La disinfezione indicata verrà eseguita su tutte le superfici che presentano tracce di biofilm organico e precederà sempre le operazioni di pulitura. Su aree che presentano evidenti patine biologiche, le operazioni di disinfezione dovranno essere eseguite prima di qualunque rimozione, anche parziale, dei corpi vegetativi, al fine di non diffondere le spore alle superfici non colpite.

La scelta dei biocidi verrà fatta in funzione del tipo di infestazione presente, preferendo, comunque, biocidi ad ampio spettro, compatibili con i materiali originali e a bassa tossicità per l'uomo; per tali ragioni, verranno comunque scelti, in accordo con la D.L., biocidi di marca e composizione nota, comunemente impiegati nel restauro di superfici decorate. L'applicazione dei biocidi dovrà seguire le raccomandazioni operative segnalate nelle schede tecniche dei prodotti.

Le schede tecniche dei prodotti biocidi verranno conservate in cantiere, in apposito dossier, e rese note agli operatori i quali prenderanno visione, oltre che delle raccomandazioni sull'applicazione del prodotto, anche delle frasi di rischio in esse contenute.

I trattamenti dovranno essere ripetuti per un numero di volte sufficiente per la buona riuscita del procedimento che verrà controllato con specifiche analisi colturali. A completamento dell'operazione si procederà con la rimozione, per mezzo di bisturi o di spazzole morbide, della biomassa presente nelle zone maggiormente colpite.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

### **Rimozione di depositi superficiali incoerenti o parzialmente coerenti, patine, concrezioni e croste**

Durante le operazioni di rimozione dei depositi superficiali parzialmente aderenti, dovuti principalmente ad una sovraccumulazione di sporcizia, quali polvere, particolato atmosferico, terriccio e guano, mediante l'utilizzo di spruzzatori e irroratori di acqua a bassa pressione e pennelli, spazzole e spugne, si dovrà avere particolare cura di non causare percolamenti e accumuli d'acqua in corrispondenza delle superfici.

In corrispondenza, invece, delle superfici lapidee caratterizzate da un accumulo superficiale di sostanze incoerenti, quali resine siliciche frutto di precedenti interventi, causa di fenomeni di alterazione cromatica, si procederà mediante l'uso della miscela di solventi LA8 (20% ligroina, 80% acetone) e la successiva applicazione di soluzioni saline a pH basico in acqua demineralizzata (carbonato d'ammonio) con eventuale aggiunta di sali chelanti come il TAC (triammoniocitrato) o EDTA (sale bisodico o tetrasodico dell'acido etilendiamminotetracetico) a seconda del degrado, supportati su polpa di carta e sepiolite.

Nello specifico, la concentrazione di queste soluzioni e la metodologia di applicazione, saranno definite nel corso della fase diagnostica, in quanto dovranno servire, oltre che alla rimozione dei depositi coerenti e delle concrezioni, anche all'estrazione del solfato di calcio neofornato per precipitazione nel substrato lapideo.

Naturalmente l'Appaltatore dovrà calibrare l'azione delle due fasi di pulitura a seconda delle singole zone trattate: ove saranno presenti evidenti patine giallastre potrà essere necessario supportare la miscela di solventi organici per aumentare i tempi di contatto, mentre in aree soggette a maggior dilavamento potrà essere sufficiente l'applicazione a tampone. Lo stesso vale per il trattamento chelante.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

Non si esclude, inoltre, la necessità dell'uso di sistemi meccanici come bisturi e specilli per la rimozione delle croste nere, preventivamente ammorbidite dalle suddette compresse di sali organici.

### **OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO**

Il consolidamento avrà lo scopo di conferire coesione al materiale deteriorato ristabilendo l'unità del sistema e verrà eseguito dopo le operazioni di pulitura e i trattamenti di disinfezione. L'operazione, inoltre, pur essendo finalizzata ad una migliore conservazione dell'opera, non dovrà essere confusa con la protezione finale a scopo preventivo, e dovrà essere sempre graduata in funzione delle reali necessità dei manufatti ed essere effettuati solo previa autorizzazione della D.L.

A seguito dei degradi riscontrati, si effettueranno due tipologie di interventi di consolidamento: Si consolideranno porzioni di superfici per impregnazione, in corrispondenza di zone erose, e si procederà con la riadesione di scaglie e frammenti lapidei, causati da fenomeni di esfoliazione, fessurazione e fratturazione.

#### Consolidamento per impregnazione:

Il consolidamento del materiale lapideo dovrà riguardare tutte le porzioni lapidee naturali che presentano fenomeni di degrado caratteristici della perdita di coesione (erosione, polverizzazione, scagliatura, cavillatura, fessurazione...). Potranno escludersi quelle porzioni di litotipo che sono frutto di più recenti sostituzioni, prive di questi tipi di degrado.

La scelta del prodotto/prodotti consolidante/i e dei metodi di applicazione sarà definita dalla D.L. sulla base della valutazione degli esiti della campagna diagnostica, ma in ogni caso dovrà essere applicata con ogni mezzo necessario alla corretta impregnazione della pietra.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

Si prevederà, in ogni caso, l'uso prevalente di consolidanti inorganici, con l'eventualità dell'impiego di piccolissime quantità di adesivi organici da applicarsi diluiti mediante una siringa solo ed esclusivamente in selezionati casi di grave scagliatura, allo scopo di fermare la scaglia, che sarà poi sorretta meccanicamente dalla malta nella fase di microstuccatura di cui nelle successive voci del presente capitolato.

#### Riadesione di scaglie e frammenti:

Riadesione di scaglie e frammenti di peso e dimensioni limitate mediante imperniaggi. Previa separazione delle parti distaccate, pulitura delle superfici se polverose o recanti residui di passati incollaggi, dovranno essere ricavati i fori per l'allettamento dei perni, ponendo cura a non causare microfratture durante la foratura. I perni saranno quindi allettati nella resina epossidica o in un geo polimero a seconda dell'ampiezza dell'incavo ricavato e quindi sigillati con malta idonea, individuata dalla D.L. sulla base dei risultati della campagna diagnostica.

#### **Operazioni di stuccatura**

La stuccatura avrà lo scopo di ripristinare la continuità delle superfici in presenza di fratture, fessure e mancanze. Potrà avere anche carattere temporaneo ed essere limitata a ripristinare la continuità di livelli diversi.

L'operazione consisterà nell'applicazione di un impasto idoneo e nella successiva lavorazione dello stesso al fine di ottenere la superficie desiderata.

Le stucature dovranno essere eseguite su superfici pulite ed esenti da depositi incoerenti; i materiali utilizzati per le stucature dovranno essere scelti sulla base dell'omogeneità e della compatibilità con i materiali originali, al fine di evitare difformità di comportamento nel tempo e alterazioni alle parti con cui entrano in

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

contatto. Si dovranno inoltre privilegiare i materiali che assicurino una migliore reversibilità nel tempo e che presentino una resistenza meccanica lievemente inferiore a quella dei materiali originali su cui vengono applicati, nonché caratteristiche fisiche analoghe.

Le malte utilizzate per le stuccature non dovranno contenere sostanze solubili o additivi organici e dovranno essere applicate in modo da non provocare alterazioni cromatiche sul materiale circostante.

La scelta del tipo di malta, la sua composizione e formulazione sarà eseguita dalla D.L. sulla base dei risultati della campagna diagnostica.

La composizione sarà tale da restituire una cromia uguale al materiale lapideo d'intorno; sarà preferibile che l'Appaltatore impieghi sabbie colorate o polvere di marmo per la tonalizzazione dell'impasto. Piccoli aggiustamenti del colore tra una stuccatura e l'altra potranno essere fatti mediante inserimento di pigmenti minerali nell'impasto.

Si esclude in ogni caso la velatura in superficie per l'adeguamento delle cromie.

Il trattamento superficiale delle stuccature dovrà essere il più simile possibile al materiale d'intorno e in ogni caso piuttosto liscio, in modo da non favorire il depositarsi di particolato atmosferico che ne causerebbe in breve tempo l'alterazione cromatica.

#### Microstuccatura:

Stuccatura in leggero sottolivello a riempimento degli alveoli, delle microfessure, delle scagliature e mancanze del materiale lapideo, al fine di abbassare la superficie specifica della pietra, restituendo compattezza, omogeneità e quindi maggior difesa dai fattori di degrado.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

Le stuccature devono essere eseguite su superfici possibilmente pulite ed esenti da depositi incoerenti. A tale proposito si dovrà procedere con la pulizia a secco mediante impiego di pennelli e/o spazzole a setole morbide, spugne e aspiratori a bassa pressione, di tutti i depositi presenti all'interno di alveoli, fratturazioni e fessurazioni.

I materiali utilizzati per le stuccature dovranno essere scelti sulla base dell'omogeneità e della compatibilità con i materiali originali, al fine di evitare difformità di comportamento nel tempo e alterazioni alle parti con cui entrano in contatto. Si dovranno inoltre privilegiare i materiali che assicurino una migliore reversibilità nel tempo e che presentino una resistenza meccanica lievemente inferiore a quella dei materiali originali su cui vengono applicati, nonché caratteristiche fisiche analoghe.

Le malte utilizzate per le stuccature non devono contenere sostanze solubili o additivi organici e devono essere applicate in modo da non provocare alterazioni cromatiche sul materiale circostante.

La scelta del tipo di malta, la sua composizione e formulazione sarà eseguita dalla D.L. sulla base dei risultati della campagna diagnostica.

La composizione sarà tale da restituire una cromia uguale al materiale lapideo d'intorno; sarà preferibile che l'Appaltatore impieghi sabbie colorate per la tonalizzazione dell'impasto.

Si esclude in ogni caso la velatura in superficie per l'adeguamento delle cromie.

Il trattamento superficiale delle stuccature dovrà essere il più simile possibile al materiale d'intorno e in ogni caso piuttosto liscio, in modo da non favorire il depositarsi di particolato atmosferico che ne causerebbe in breve tempo l'alterazione cromatica.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

## **RIMOZIONE DI ELEMENTI IMPROPRI E STUCCATURE**

Tutte le stuccature inidonee perché parzialmente distaccate o di natura cementizia dovranno essere completamente rimosse e con esse le imperniature inidonee. Le stuccature e micro stuccature cromaticamente alterate (saturate) dovranno essere abbassate di livello e, se necessario, rese scabre per l'adesione di un successivo livello di malta. Potranno essere impiegati martello e scalpello, bisturi a lama fissa e quanto occorre alla rimozione di dette parti senza provocare danneggiamenti, rotture o consunzioni dei perimetri o delle attigue zone in materiale lapideo naturale.

Il materiale di risulta dovrà essere prontamente raccolto in secchi e rimosso.

Riguardo la presenta di elementi non idonei, si procederà con la rimozione delle grappe metalliche a sostegno dell'arto superiore sinistro della statua n. 1, al fine di poter sostituire il sistema statico con un'alternativa di minor visibilità e maggiormente integrata con il manufatto lapideo storico.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

## **5. RESTAURO DEL MATERIALE BRONZEO – STAUTE**

### **5.1. PARTE I: RESTAURO SU MATERIALE BRONZEO**

*Monumento equestre (cavaliere e cavallo)*

*Quattro statue raffiguranti i corpi dell'esercito sardo*

*Quattro statue raffiguranti le allegorie*

*Otto decorazioni floreali ai lati delle statue allegoriche (due per ogni statua)*

*Quattro bassorilievi*

*Serie di cornici modanate*

### **5.2. NORME GENERALI**

#### **1. Fase conoscitiva e di osservazione**

- Fase preliminare dell'intervento volta alla ricognizione e conoscenza delle problematiche e delle criticità che si possono presentare durante il restauro, per pianificare ed organizzare il lavoro;
- esecuzione di campionature, analisi, realizzazione di prove di pulitura per individuare i prodotti e le metodologie da utilizzare su ampia scala sulle sculture.
- Verranno prelevati in diversi punti dei manufatti, al fine di operare specifiche indagini diagnostiche, alla presenza della DL, campioni destinati alle analisi di cui al seguito; i punti di prelievo saranno mappati sui disegni, documentati fotograficamente e schedati in repertorio.
- Le indagini diagnostiche, di tipo non invasivo, saranno finalizzate al riconoscimento della natura e composizione della patina nerastra presente sulle superfici, dei prodotti di corrosione e patine affioranti nei punti dove la patina nera risulta dilavata e consunta e dei depositi incoerenti presenti nei punti di ristagno e deposito., a seconda dei casi, potranno comprendere analisi visiva con eventuale immagine fotografica e analisi quantitativa e qualitativa dei sali solubili,

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

XRD per le patine di corrosione del materiale bronzeo, FTIR per i protettivi del materiale bronzeo, XRF per l'identificazione della composizione della lega del bronzo, con interpretazione dei risultati ottenuti riportati all'interno di specifica relazione interpretativa dei dati acquisiti.

- Da stabilire con la D.L. la tipologia di intervento: trattamento delle superfici, protezione, integrazioni; alla luce delle analisi conoscitive eseguite sarà possibile programmare le fasi del restauro ed individuare le metodologie più appropriate di intervento eseguendo campioni di pulitura per stabilire il livello da raggiungere che sia rispettoso delle patine che già costituiscono un sistema naturale di protezione.
- Rimozione di parti malferme che necessiteranno di un intervento di ripristino e di consolidamento.

Circa le relazioni tecniche pertinenti alle suddette analisi, queste dovranno pervenire in duplice copia entro i termini utili fissati dalla DL, prima dell'inizio dei lavori di restauro, e dovranno contenere tutte le indicazioni necessarie alla perfetta comprensione delle indagini eseguite e all'individuazione delle scelte che condurranno al prosieguo dei lavori.

E' richiesta la presenza sul cantiere, ogni qualvolta sia ritenuto necessario, dell'analista che ha condotto le indagini chimico fisiche che dovranno essere discusse in contraddittorio con la DL e i restauratori che si occupano delle indagini specialistiche. Il prelievo dei campioni da inviare ai laboratori dovrà essere eseguito congiuntamente dal restauratore incaricato e dall'analista che eseguirà le analisi richieste.

La DL si riserva di specificare all'Appaltatore le caratteristiche che dovranno avere quelle figure professionali che si dovranno occupare dell'aspetto di coordinamento delle indagini chimico-fisiche, dei sondaggi e del coordinamento delle équipes dei restauratori.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

L'Appaltatore dovrà consultare tutte quelle figure professionali e tutti quei consulenti specialistici che gli verranno indicati dalla Committenza e dalla DL.

### **5.3. DOCUMENTAZIONE DEI RESTAURI**

A carico dell'appaltatore sarà la produzione di documentazione, sia grafica che fotografica, dello stato di conservazione di tutte le superfici, da riportarsi su grafici CAD forniti dal gruppo di progettazione ed una relazione che documenti lo stato precedente al restauro, le operazioni di restauro svolte e il risultato finale.

Nella documentazione saranno inclusi i risultati degli studi diagnostici eseguiti a supporto delle operazioni conservative.

#### **Documentazione grafica e fotografica**

La documentazione grafica dovrà prevedere la mappatura dello stato di conservazione e del degrado, oltre che della tecnica esecutiva, relativa agli interventi necessari per tutti i manufatti in bronzo oggetto dell'intervento.

Dovranno essere allestite tavole tematiche così suddivise:

1) Tavole di rilievo grafico dello stato di conservazione sulle quali dovranno essere riportati:

- la localizzazione delle efflorescenze saline (carbonati, solfati, cloruri di rame);
- la localizzazione dei resti del precedente protettivo colorato;
- la localizzazione di depositi ed accumulo di particolato atmosferico (croste nere);
- la localizzazione di stuccature;
- la localizzazione delle lacune;
- la mappatura delle lacune di maggiore entità;
- particolarità o anomalie delle superfici;

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

- gli elementi mancanti;
- la localizzazione di perni, di viti e di materiali metallici non idonei;
- i punti di campionamento ed i punti di misura delle indagini diagnostiche.

I diversi tipi di degrado dovranno essere contraddistinti da un diverso segno grafico.

2) Tavole di rilievo delle tecniche esecutive e dei restauri precedenti, sulle quali verranno riportati:

- la presenza di interventi pregressi non originali;
- la presenza localizzata di trattamenti protettivi delle superfici;
- la localizzazione di eventuali inserimenti di perni o elementi di ripristino non originali;
- i sistemi di ancoraggio delle sculture al basamento lapideo, se possibile.

I diversi punti dovranno essere contraddistinti da un segno grafico.

3) Tavole di documentazione grafica del restauro sulle quali dovranno essere riportati:

- mappatura degli interventi di pulitura e delle puliture localizzate;
- mappatura dei trattamenti di inibizione dei fenomeni di corrosione;
- le zone interessate da stuccature;
- le zone interessate da ripristini (chiusura di lacune, fissaggi di parti malferme);
- gli elementi mancanti integrati con copie in resina o metallo.

Le tavole dovranno essere in scala 1:50 e dovranno essere prodotte sia in copia cartacea che in formato digitale (DVD, CD, HDD ecc.).

4) La documentazione fotografica dovrà documentare:

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

- lo stato di fatto dei manufatti prima del restauro, con inquadrature generali e con i particolari delle superfici interessate;
- le varie fasi operative;
- ogni singola voce riportata nelle tavole grafiche di cui ai precedenti punti 1) e 2);
- lo stato dopo gli interventi di restauro con inquadrature generali e con i particolari di maggiore interesse. Le fotografie dovranno essere consegnate in formato digitale con risoluzione minima 3060x2036 a 300 dpi inclusa stampa a colori 18x24.

### **Relazione di restauro**

La relazione di restauro dovrà documentare:

- lo stato di conservazione iniziale,
- le operazioni conservative, particolareggiando i metodi e i materiali impiegati (qualità, quantità, tempi e modi di applicazione),
- le finalità critiche dell'intervento;
- i risultati delle indagini diagnostiche eseguite;
- i risultati dell'intervento di restauro e le eventuali criticità per la conservazione futura dei beni.

### **5.4. INDAGINI DIAGNOSTICHE**

#### **Descrizione e finalità**

L'Appaltatore è tenuto a procedere con preventive indagini diagnostiche sui manufatti al fine di identificare le soluzioni di più efficace intervento e che non compromettano l'integrità del bene originario. Le indagini diagnostiche verranno eseguite in accordo con la D.L. sia per quanto riguarda il numero e la tipologia di

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

analisi e sia per quanto riguarda i punti di esecuzione delle misure o dei punti di campionamento.

Col fine di individuare i prodotti specifici e le metodologie di applicazione più efficaci per la conservazione delle opere, gli scopi della campagna diagnostica sono quelli di:

- A.verificare l'avvenuta pulitura del materiale bronzeo;
- B.individuare la presenza di perni metallici e staffe occultati o stuccature che differenzino dal materiale bronzeo per comportamento termico;
- C.verificare l'eventuale differenza nel comportamento termico dei sistemi di ancoraggio e stuccatura impiegati nel restauro.

Le tecniche di indagine verranno scelte in relazione alle criticità presentate e in accordo con la D.L., sulle linee guida espresse dal Piano diagnostico.

### **Criteria di esecuzione e caratteristiche dei materiali.**

I risultati delle indagini diagnostiche dovranno essere riportati in una relazione contenente le seguenti informazioni:

- tipo di prova;
- oggetto della prova/localizzazione del punto di misura e/o di campionamento;
- descrizione del punto di campionamento;
- descrizione del campione;
- descrizione della preparazione del campione (es. cross section, sezioni sottile, metallizzazione, ecc.);
- modalità di esecuzione della misura e condizioni di misura (modello dello strumento e condizioni adottate per la misura; tempi di prova, sequenze, eventuali intervalli);
- riferimenti normativi;

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

- obiettivo dell'analisi;
- risultati delle misure indirette ed eventuali interpolazioni, risultati delle misure dirette (spettri, diagrammi, grafici, cromatogrammi ecc. con l'assegnazione dei relativi componenti identificativi di elementi o molecole);
- unità di misure e tolleranze;
- eventuali condizioni che alterano la prova;
- interpretazione dei risultati;
- relazione conclusiva (raffronto tra i dati ottenuti su differenti campioni prelevati dalla stessa opera, raffronto tra i dati ottenuti con differenti tipi di prova, valutazione del raggiungimento degli obiettivi dell'analisi).

### **5.5. OPERE DI PROTEZIONE PROVVISORIE**

Verranno impiegati teli protettivi composti da materiali idonei a proteggere da polvere, colature, percolazioni e schizzi le opere durante le operazioni di restauro.

Verranno impiegati, ove necessario, telai in legno a supporto dei teli protettivi e metodi di apposizione delle protezioni, scelti caso per caso, che non rechino pregiudizio alla conservazione dei materiali da proteggere.

### **5.6. RESTAURO CONSERVATIVO DELLE OPERE IN BRONZO**

In riferimento agli interventi di restauro conservativo previsti, si prevedono le seguenti operazioni così suddivise:

#### **1. OPERAZIONI DI PULITURA MECCANICA**

Si tratta dell'intervento di pulitura quando si opera su un manufatto in bronzo. Si suddivide in diverse fasi:

- una prima fase di rimozione di depositi superficiali incoerenti di varia natura:

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

guano, nidi di insetti attraverso una prima pulitura a secco eseguita mediante pennelli, soffiatori, eventualmente coadiuvata da lavaggi localizzati;

- una seconda fase per la rimozione dei depositi coerenti (incrostazioni e materiali utilizzati in precedenti restauri) presenti sulla superficie. Inoltre è l'unico metodo che garantisce l'individuazione e la conservazione della "patina" favorendo la puntuale selezione dei prodotti di alterazione, tra quelli da eliminare perché causa di corrosione ciclica e quelli da conservare perché stabili e, in un certo senso, protettivi. Si procede prevalentemente a mano utilizzando bisturi, microtrapani muniti di frese o spazzolini di tipologie e durezze diverse, ma si possono utilizzare altri strumenti come ablatori ad ultrasuoni, vibroincisori elettrici o ad aria compressa. Durante l'operazione di pulitura meccanica l'utilizzo di uno strumento non esclude l'impiego di altre attrezzature.

## 2. OPERAZIONI DI PULITURA CHIMICA

Le puliture chimiche possono coadiuvare e integrare la pulitura meccanica, sono efficaci quando si devono eliminare concrezione calcaree, vecchi protettivi contenenti pigmenti, depositi di particolato atmosferico o si vuole agire su prodotti di corrosione particolarmente spessi e tali da non poter essere asportati solo con la pulitura meccanica.

- Pulitura chimica mediante miscele di solventi (es: white spirit o ligroina, alcool, acetone) in gel per l'attenuazione del vecchio protettivo colorato;
- Pulitura chimica mediante tensioattivo idoneo o prodotto complessante (E.D.T.A. Sali di Rochelle) a concentrazioni variabili e con tempi di posa da stabilire in corso d'opera per agevolare la solubilizzazione dei prodotti di corrosione, con applicazioni a impacco o a tampone in presenza di depositi

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

superficiali e prodotti di corrosione diffusi e tenaci.

### 3. OPERAZIONI DI LAVAGGIO

Le operazioni di lavaggio possono essere eseguite sia preliminarmente agli interventi di pulitura meccanica e chimica sia al termine di questi trattamenti. Nel primo caso i lavaggi vengono utilizzati per rimuovere detriti e sporcizie di varia natura; nel secondo caso si eseguono per eliminare residui di Sali solubili ancora presenti sulle superfici e non rimovibili con la sola pulitura meccanica e come intervento conclusivo delle operazioni di restauro per ottenere una superficie pulita e preparata per le fasi successive dell'intervento.

- Lavaggi eseguiti a pennello, o nebulizzazione con acqua deionizzata con test delle acque reflue raccolte, misurazione della conducibilità delle stesse e test di riconoscimento dei sali solubili disciolti; ripetuti fino ad ottenere dei parametri soddisfacenti e riconducibili ad uno standard prestabilito.

### 4. TRATTAMENTO INIBITORE

Il trattamento inibitore di corrosione del bronzo si esegue con un composto chimico di tipo organico (benzotriazolo) sciolto in alcool etilico in percentuali variabili. La finalità dell'operazione è quella di formare dei legami stabili con il rame.

- Sulle parti dove si riscontra una corrosione da cloruri applicazione di una soluzione di benzotriazolo a pennello avendo cura di tenere bagnate le superfici per alcuni minuti e rimuovendo, dopo alcuni giorni, con alcool etilico i depositi cristallini che si formano.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

## 5. STUCCATURE E INTEGRAZIONE DELLE LACUNE

Le stuccature saranno eseguite per sigillare alcune fessure presenti tra il metallo e le superfici lapidee oppure per sigillare fessurazioni o lacune sulle parti bronzee.

- Stuccature e risarcimento delle lacune con resine epossidiche di diversa elasticità caricate con inerti per assimilare il colore a quello del metallo. Nel caso di lacune particolarmente estese dovrà essere creato un fondo in tela di fibra di vetro o di carbonio per trattenere la resina fino al compimento della catalizzazione e alla conseguente solidificazione.

## 6. PROTEZIONE

La protezione costituirà il trattamento finale necessario per rallentare il processo naturale di alterazione e degrado di un metallo collocato in un ambiente esterno. La finalità di questa fase sarà quella di isolare il più possibile il metallo dall'ambiente in cui si trova offrendo uno strato di sacrificio.

- stesura a pennello di due mani di vernice protettiva a base di resine acriliche addizionate a Benzotriazolo in soluzione di solvente organico. Il prodotto andrà utilizzato secondo le modalità indicate nella scheda tecnica;
- stesura a pennello di una/due mani di cera microcristallina sciolta in solvente organico.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

## SEZIONE 2 OPERE CIVILI

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Cantiere della conoscenza. Relazione tecnico-illustrativa	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

## 1. SEZIONE 2 OPERE CIVILI. OGGETTO DELL'APPALTO

L'appalto consiste nell'esecuzione di tutti i lavori e forniture necessari per la movimentazione del basamento del monumento a Re Carlo Alberto nell'omonima piazza Carignano, in Torino, con traslazione temporanea nell'area di cantiere preliminarmente alla realizzazione della stazione sotterranea della Linea 2 della Metropolitana di Torino, tratta Politecnico-Rebaudengo e successiva ricollocazione nella posizione di origine dopo la realizzazione della soletta in c.a. a copertura della stazione.

## 2. PREMESSA

L'area di cantiere sarà consegnata all'appaltatore a seguito dell'avvenuta esecuzione delle indagini archeologiche sulla piazza, con il p.c. alla quota di -1,50 m dal p.p.f. della piazza assunto come quota di riferimento 0,00, invariato rispetto alla situazione odierna.

## 3. DESCRIZIONE GENERALE DEI LAVORI

I lavori oggetto del presente appalto possono essere così sommariamente riassunti:

- Allestimento dell'area di cantiere
- Realizzazione delle protezioni perimetrali del basamento lapideo con posa in opera delle cinturazioni metalliche previste al fine di garantire la tutela e la stabilità del monumento durante le successive fasi di lavorazione e traslazione.
- Scavo di trincea perimetrale alla base del monumento lungo il perimetro della fondazione mista laterizio-lapidea esistente.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

- Approfondimento e dimensionamento in scavo a cielo libero della trincea perimetrale sino al piano di spiccato della fondazione dello stilobate e consolidamento con opere provvisionali di quest'ultima.
- Individuazione dell'estensione della fondazione, demolizioni mirate delle strutture murarie e dei sottoservizi interferenti con le operazioni di smontaggio e traslazione.
- Rimozione e traslazione delle lastre lapidee costituenti i primi due scalini inferiori dello stilobate, lasciando in sito, eventualmente debitamente rinforzato da sottomurazioni provvisionali, il terzo gradino su cui poggia il primo gradone del basamento.
- Allestimento del cantiere per l'esecuzione di micropali di fondazione, necessari a sostenere l'impalcato a struttura metallica della nuova sottofondazione.  
I micropali saranno valvolati, con diametro di perforazione ed armatura metallica di due dimensioni, di profondità adeguata a garantire la stabilità dell'impalcato della nuova sottofondazione, del basamento del monumento e quella della struttura temporanea di sollevamento e traslazione.
- Realizzazione di due travi longitudinali di testa-palo in cls armato di sezione atta a sostenere le successive lavorazioni e il carico totale previsto prossimo alle 400 ton.
- Consolidamento della fondazione mista laterizio-lapideo del monumento, per la presenza di zone sciolte o meno compatte all'interno.
- Realizzazione di zavorra alla base del basamento del monumento al fine dell'esecuzione di infilaggi orizzontali al di sotto dello stesso.
- Esecuzione di infilaggi orizzontali aventi diametro perforazione Ø140 mm, armati con tubo metallico Ø 88.9 mm sp. 10 mm, interasse pari a 30cm, lunghezza pari a circa 13,00 m iniettati con malta cementizia a bassa pressione.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

- Provvista e posa in opera di due travi metalliche di bordo da collocarsi alle estremità dell'impalcato , adagate, mediante idonei distanziatori, sulle travi in cls di testa-palo, costituite da due travi HE 900 x 466 EN 10365-2017
- Provvista e posa in opera di 13 travi metalliche HEB 650, vincolate per imbullonamento alle due travi di bordo. In corrispondenza delle parti terminali degli infilaggi orizzontali di cui sopra, saranno collocate altre due travi metalliche HEB provvisorie per il sostegno provvisorio degli stessi.

La posa in opera delle travi HEB 650 avverrà con la tecnica del marcia-avanti impiegando un mini-escavatore su cui è previsto di montare un martello demolitore, procedendo alternativamente dai lati minori del monumento, se ritenuto necessario.

Posa in opera della struttura mobile di sollevamento e traslazione costituita da 4 "torri" mobili su rotaie, due per ogni trave di bordo HE 900 x 466 EN 10365-2017 recanti in sommità travi metalliche alle quali trasferire il carico dell'impalcato metallico di sottofondazione e del soprastante basamento, che consentiranno di sollevare l'insieme e di collocarlo nella zona di deposito provvisorio in cantiere, tramite una successione di due traslazioni ortogonali .

- Realizzazione di travi e platee provvisionali in c.a. atte a consentire la movimentazione delle torri, la collocazione temporanea dell'impalcato ai fini di cambio delle direzioni di traslazione e la collocazione finale nell'area di deposito provvisorio.
- Sollevamento e traslazione dell'impalcato fino alla sua collocazione nell'area di deposito provvisorio.
- Esecuzione di opere di demolizione per permettere i lavori di realizzazione della soletta di copertura della stazione:
  - demolizione delle travi di testa palo e relative opere accessorie.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

- demolizione delle rimanenti opere provvisionali pertinenti alle fasi precedentemente descritte, fatte salve quelle per il deposito temporaneo.
- Ricostruzione delle travi provvisionali e delle travi corrispondenti a quelle testapalo sopra descritte, all'atto del successivo riposizionamento del monumento in situ, tenuto conto della situazione del cantiere al momento, con l'avvenuta realizzazione della soletta di copertura della stazione della Metropolitana.

Più dettagliatamente, con riferimento alle varie categorie di lavori:

### **3.1 ASSISTENZA AI LAVORI STRUTTURALI**

Per la durata di tutti i lavori, l'impresa dovrà dotarsi della necessaria attrezzatura di controllo e di personale tecnico specializzato facente capo ad uno o più responsabili in funzione delle lavorazioni alle quali sovrintendere. A titolo esemplificativo e non esaustivo, dovranno esserci:

- a) un responsabile per i lavori strutturali veri e propri (scavi, opere in carpenteria metallica, opere in c.a., infilaggi, micropali, etc.  
 Questi dovrà essere dotato dell'attrezzatura di precisione necessaria a monitorare le deformazioni dell'impalcato e delle travi testapalo nelle fasi della realizzazione dell'impalcato stesso, dell'impalcato e delle travi porta binario nel corso del suo trasferimento verso il deposito strutturale, per tutta la durata della sua giacenza temporanea, e del ritrasferimento nel luogo di origine.
- b) un responsabile per i lavori di sollevamento e di movimentazione, particolarmente complessi e specifici. Questi dovrà essere dotato dell'attrezzatura di precisione necessaria a monitorare le pressioni nei pistoni

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

di sollevamento, la coordinazione dei movimenti delle torri, le velocità di movimento nelle fasi di montaggio dell'attrezzatura, del trasferimento del carico alle travi superiori, del primo sollevamento, della prima traslazione, del trasferimento del carico nell'area di sosta per le predisposizione dell'attrezzatura per il successivo sollevamento e la successiva traslazione in direzione ortogonale, il successivo abbassamento di impalcato e carico nell'area di deposito e per tutte le fasi a ritroso per la ricollocazione del monumento nella posizione d'origine.

I risultati dei monitoraggi saranno restituiti sia in forma digitale, sia in forma cartacea con cadenza da stabilire prima dell'inizio dei lavori

### **3.2 PONTEGGI**

Rimosse tutte le statue, sarà realizzato un ponteggio in tubo/giunto in acciaio zincato dotato di piani di servizio e dei relativi sottopontiai fini dell'esecuzione delle opere di protezione del monumento e cinturazione del basamento lapideo al fine di garantirne tutela e stabilità nel corso delle successive fasi di lavorazione e movimentazione. Il ponteggio sarà quindi smontato per permettere l'esecuzione dei lavori di seguito descritti.

Quando impalcato metallico e basamento saranno collocati nella sede temporanea dopo la seconda traslazione, come più avanti descritto, sarà costruito un secondo ponteggio avente le caratteristiche del primo, dotato di una copertura necessaria per la protezione dall'azione degli agenti atmosferici, vista la durata della collocazione temporanea, in attesa della realizzazione della soletta di copertura della stazione della metropolitana.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

Il ponteggio con la relativa copertura sarà smontato per permettere le due traslazioni eguali e contrarie per riposizionare impalcato metallico e basamento nella posizione originaria.

Sarà montato un ulteriore ponteggio con le medesime caratteristiche, ma inizialmente senza tettoia, per effettuare lo smontaggio delle opere di protezione del monumento e cinturazione del basamento lapideo.

Successivamente sarà costruita una nuova copertura per permettere il restauro del basamento da parte del personale specializzato.

### **3.3 SCAVI**

Gli scavi in trincea si intendono condotti a macchina con il completamento a mano, con scarpa laterale. Nella zona del basamento, a partire dalla quota del p.c. a -1,50 m dalla quota del p.p.f. della piazza assunta come quota 0,00, saranno effettuati perimetralmente al blocco di fondazione del monumento e saranno spinti in parte sino alla quota d'imposta delle due travi testapalo (-2,15 circa, cls di pulizia compreso), in parte, sul fronte di scavo per l'esecuzione del marciavanti, sino alla quota di -3,52. Sarà così ricavata un'altezza libera di 2,50 m rispetto all'intradosso delle travi metalliche, come indicato nelle tavole progettuali, al fine di permettere l'esecuzione dei lavori con l'impiego di un mini escavatore su cui sarà montato un martello demolitore, con il solo completamento manuale ove necessario.

Ulteriori scavi saranno eseguiti lungo il tracciato delle opere in c.a. necessarie alla movimentazione e stazionamento provvisorio dell'impalcato metallico e del soprastante

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

basamento del monumento, al fine di mantenere l'altezza delle strutture in c.a. costante ed eguale a quella delle travi testapalo.

### **3.4 MICROPALI**

I micropali, valvolati, di diam. 240 mm, armati con tubi in acciaio diametro 193,7 mm spessore 12,5 mm, e di diametro 160 mm, armati con tubi in acciaio diametro 139,7 mm spessore 10 mm, hanno lunghezza pari a circa 9,00 m. I tubi che costituiscono l'armatura metallica sono in acciaio strutturale S 355. L'impiego dei micropali è circoscritto alla realizzazione delle due travi testapalo in c.a. destinate ad ospitare le travi di bordo dell'impalcato metallico di sottofondazione e la collocazione delle "torri" della struttura di sollevamento e traslazione dell'insieme impalcato e basamento del monumento nella fase di allestimento ed inizio della movimentazione.

### **3.5 INFILAGGI**

Gli infilaggi, in ultima analisi micropali orizzontali, si collocano al di sotto dell'impronta del monumento, nella parte centrale della fondazione del monumento prossima alla sommità. La loro realizzazione è subordinata al preventivo consolidamento della fondazione laterizia ed alla preventiva collocazione della zavorra posta all'estradosso del basamento. I micropali, valvolati, di diam. 140 mm, armati con tubi in acciaio diametro 88,9 mm spessore 10 mm, hanno lunghezza pari a 13,00 m circa. I tubi che costituiscono l'armatura metallica sono in acciaio strutturale S 355.

E' previsto l'impiego di 26 infilaggi.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

### **3.6 CONSOLIDAMENTI DELLA FONDAZIONE ESISTENTE**

I consolidamenti della fondazione laterizia mista esistente si rendono necessari per la presenza di zone sciolte o meno compatte all'interno.

E' prevista la realizzazione di 72 perforazioni all'interno della fondazione, quindi la fornitura e la posa all'interno di altrettante canne in pvc, alveolate, e la successiva fase di iniezione della boiaccia fluida di cemento.

### **3.7 DEMOLIZIONI**

I lavori di demolizione riguardano:

- a) la fondazione laterizia mista esistente con le modalità del marcia-avanti per realizzare l'impalcato metallico di fondazione del monumento. Con riferimento a quanto descritto ai punti precedenti (descrizione sommaria dei lavori e scavi), le demolizioni saranno spinte sino alla quota di -3,52 così ricavando un'altezza netta di 2,50 dall'intradosso delle travi dell'impalcato, necessaria ad eseguire la demolizione con l'impiego di mini escavatore su cui è previsto il montaggio del martello demolitore.

In corrispondenza di questi sarà inizialmente demolito un tratto del basamento misto laterizio-lapideo del monumento (precedentemente consolidato) e di seguito posata la prima trave imbullonandola alle due travi di bordo. Si procederà successivamente alla demolizione del tratto successivo ed alla posa in opera della seconda trave e così via. Prima di proseguire con la posa della successiva trave si eseguirà un getto di calcestruzzo proiettato armato con una striscia di rete elettosaldata in acciaio B450C, al fine di

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

garantire il contatto tra le travi e la parte soprastante del basamento in cui sono stati effettuati in precedenza gli infilaggi sopra descritti.

- b) le opere strutturali in c.a. necessarie per l'esecuzione dell'impalcato (travi testapalo) e per la movimentazione dell'insieme impalcato e basamento del monumento fino alla sua collocazione provvisoria nell'ambito del cantiere. Queste demolizioni si rendono necessarie ai fini della realizzazione della soletta in c.a a copertura della stazione della metropolitana.

Il materiale di risulta da tutte le demolizioni sarà trasportato in discarica secondo le normative in materia.

### **3.8 OPERE IN CARPENTERIA METALLICA**

Le opere in carpenteria metallica riguardano:

- a) Opere di protezione del monumento e cinturazione del basamento lapideo al fine di garantirne tutela e stabilità nel corso delle successive fasi di lavorazione e movimentazione.
- b) Impalcato di fondazione delle dimensioni planimetriche di circa 11,50 m x 11,00 formato da due travi principali longitudinali HE 900x466 EN 10365-2017 della lunghezza di circa 11,00 m e da 13 travi trasversali HEM 650 della lunghezza di circa 10,60 m vincolate alle principali per imbullonamento. A queste sono aggiunte due travi provvisorie di "servizio" a sostegno temporaneo delle parti esterne degli infilaggi orizzontali descritti sopra. Le travi principali sono dotate di piastre con costolatura di collegamento all'anima e quelle trasversali saranno dotate di piastre terminali per permettere l'imbullonamento "in luce" non essendo possibile altro tipo di collegamento.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

Tutti i profilati sono in acciaio strutturale S 275 JR , i bulloni hanno vite di classe 8.8., dadi di classe 8, con impiego di rondelle.

Le giunzioni saldate, a cordone esterno, saranno effettuate in officina da personale con specifica qualifica e saranno sottoposte a verifica da parte di ente validatore prima della messa in opera dei manufatti.

Sono ammessi tutti i tipi di saldatura codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001 come riportato al p.to 11.3.4.5 delle NTC 2018.

Le unioni bullonate dovranno rispondere alle prescrizioni di cui al p.to 11.3.4.6 delle NTC, e alla CNR 10011.

Considerata la permanenza all'esterno delle strutture metalliche per il tempo intercorrente fra la loro rimozione e il loro ricollocamento, ne è prevista la protezione con due mani di pittura antiruggine e due mani di pittura a finire.

La classe di esecuzione di tutte le strutture metalliche è EXC2.

### **3.9 OPERE STRUTTURALI IN C.A.**

Le opere in c.a. riguardano la realizzazione di:

- a) Travi testapalo per l'appoggio delle due travi principali di bordo dell'impalcato e la collocazione della struttura temporanea di sollevamento e traslazione.
- b) Travi porta binari per le traslazioni dell'insieme impalcato e basamento del monumento all'interno dell'area di cantiere.
- c) Travi per la posa temporanea dell'insieme impalcato e basamento del monumento in corrispondenza del cambio di direzione delle traslazioni.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

d) Travi per il deposito temporaneo dell'insieme impalcato e basamento del monumento fino al suo ricollocamento.

e) Ricostruzione delle travi di cui ai precedenti punti, demolite per permettere la realizzazione della soletta della stazione, adattate alla situazione, comprese le travi corrispondenti alle travi testapalo per la ricollocazione del monumento nella situazione originaria.

Le strutture sono caratterizzate da calcestruzzo di classe di resistenza minima C 25/30, classe di esposizione ambientale XC2, classe di consistenza al getto S4, armature metalliche in acciaio in barre tipo B450C. Le armature metalliche devono essere poste in opere dotate degli opportuni distanziali in modo che sia rispettate le misure dei copriferri previsti dalla normativa in funzione delle destinazioni d'uso dei manufatti in c.a.

### **3.10 OPERE IN CLS NON STRUTTURALI**

Le opere in calcestruzzo non strutturale riguardano:

- a) getti di cls di pulizia.
- b) riempimenti a saturazione sotto la calotta delle gallerie esistenti nella fondazione del monumento.
- c) Riempimento su soletta eseguita a sostegno e protezione dell'impalcato metallico ricollocato sulle travi corrispondenti alle travi testapalo.

E' previsto l'impiego di calcestruzzo di classe di resistenza minima C 12/15

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

### 3.11 CASSERATURE

Tutti getti devono essere eseguiti entro apposite casserature contro le quali saranno fissati i distanziali a garanzia del copriferro per le armature metalliche e non eseguiti controterra.

### 3.12 MOVIMENTAZIONE DEL MONUMENTO

Il sistema atto allo svolgimento delle operazioni necessarie al sollevamento, alla movimentazione sino all'area di sosta temporanea ed al ricollocamento nella posizione di origine del basamento del monumento è individuato da quattro torri semoventi a scorrimento su doppi binari, due da ciascuna parte delle travi di bordo dell'impalcato metallico, dotate di pistoni, capaci di sollevare carichi di grandi entità in funzione della loro elevazione. A titolo d'esempio, la tabella sottostante fornisce la capacità di carico di una torre con 6 pistoni riferita alla corsa rispetto alla posizione di fermo (h = 110 cm rispetto al piano binari)

corsa 70 cm circa T = 600

corsa 145 cm circa T = 450

corsa 220 cm circa T = 300

In sommità ai cilindri è vincolato un piano di carico su cui, tramite un opportuna trave reticolare di altezza variabile in funzione del massimo sollevamento in altezza che è necessario raggiungere, trovano posto un primo ordine di travi tipo IPE od HE atte a sostenere un secondo ordine travi dello stesso tipo alle quali sospendere il carico.

La torre, quella opposta e le travi del primo ordine, formano un "portale mobile". Nel

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

caso in esame si hanno due portali “mobili” che si muovono comandati da una centralina.

Si specifica che la descrizione del sistema riguarda i suoi caratteri generali, senza scendere nel merito di aspetti singolari che appartengono alle ditte attive sul mercato.

La sequenza delle operazioni è la seguente:

a) trasporto e scarico presso il cantiere delle “torri” di sollevamento e di tutta l’attrezzatura a corredo, binari compresi;

b) collocazione delle quattro torri” su binari posti in opera sulle travi in c.a. comprese le travi superiori a formare i due portali scorrevoli. In questa fase i lavori saranno effettuati con l’impiego di autogrù;

c) imbragatura dell’impalcato metallico con il soprastante basamento del monumento e trasferimento del carico alle quattro architravi dei portali tramite argani elettrici;

d) sollevamento dell’insieme impalcato e basamento di quanto necessario per la corretta movimentazione in sicurezza (0,50 – 0,70 m) e stabilizzazione ai due portali con doppio architrave tramite funi/catene disposte opportunamente disposte e pre-tese in modo da essere sempre in trazione;

e) prima traslazione dall’area di origine all’area in cui avviene il cambio di direzione per la seconda traslazione;

f) rimozione degli elementi stabilizzatori, ed abbassamento dell’insieme sulle opere in c.a. precedentemente realizzate;

g) svincolo completo dell’insieme;

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

h) rimozione dei binari impiegati nella prima traslazione e loro collocazione sulle travi in c.a. per la seconda traslazione;

i) smontaggio delle quattro "torri" dall'area terminale della prima traslazione, con l'impiego di autogrù;

l) ricollocazione delle quattro "torri" nella direzione prevista per la seconda traslazione, ricostituzione dei due portali scorrevoli, con impiego di autogrù;

m) ripetizione delle operazioni ai punti c) e d);

n) seconda traslazione e collocamento temporaneo dell'insieme nell'area predisposta, con l'intradosso delle travi principali alla quota pari a quella della loro ricollocazione ultima.

o) ripetizione delle operazioni di cui ai punti f), g), h) ed i)

p) allontanamento dell'attrezzatura

q) ultimata l'esecuzione della soletta di copertura della stazione, esecuzione di tutte le operazioni descritte, a ritroso dalla posizione di stazionamento provvisorio alla posizione di origine.

#### **4. SPECIFICHE TECNICHE**

Per i materiali da impiegare per le opere strutturali valgono le seguenti specifiche tecniche:

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

### **CALCESTRUZZO**

Calcestruzzo non strutturale C12/15

Calcestruzzo strutturale C25/30

Rck  $\geq$  30 N/mm<sup>2</sup>

Classe di esposizione: XC2

Copriferro nominale: 30 mm

Rapporto max A/C: 0,55

Dimensione max dell'aggregato: 20 mm

Classe di consistenza (Slump): S4 (fluida)

Peso per unità di volume  $\gamma = 25$  kN/m<sup>3</sup>

### **ACCIAIO per CALCESTRUZZO**

Acciaio in barre: B450C

- controllato in stabilimento
- $1,15 < (f_t/f_y)_k < 1,35$
- $(f_y/f_{ynom}) < 1,25$

Acciaio reti elettrosaldate: B450A / B450C

- Saldabile
- $(f_t/f_y)_k > 1,05$

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

- $(f_y/f_{ynom})_k < 1,25$

### **MICROPALI - INFILAGGI**

Miscela cementizia

- $\gamma = 1,8 \text{ kg/dm}^3$
- $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$
- Acqua:  $600 \text{ kg/m}^3$
- Cemento:  $1200 \text{ kg/m}^3$
- Additivi:  $10 \div 20 \text{ kg/m}^3$

Malte

- $\gamma = 2,5 \text{ kg/dm}^3$
- Acqua:  $300 \text{ kg/m}^3$
- Cemento:  $1600 \text{ kg/m}^3$
- Additivi:  $5 \div 10 \text{ kg/m}^3$
- Inerti:  $1100 \div 1300 \text{ kg/m}^3$

### **CONSOLIDAMENTO MURATURE**

Miscela cementizia

- $\gamma = 1,8 \text{ kg/dm}^3$
- $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$
- Acqua:  $600 \text{ kg/m}^3$
- Cemento:  $1200 \text{ kg/m}^3$

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

- Additivi: 10÷20 kg/m<sup>3</sup>

### ACCIAIO PER CARPENTERIA

- S275JR UNI EN 10025
- Modulo di deformazione  $E_c = 2100000 \text{ Mpa}$
- Resistenza snervamento caratteristica  $f_{yk} = 275 \text{ Mpa}$  255 Mpa  $s > 40 \text{ mm}$
- Resistenza snervamento di progetto  $f_{yd} = 262 \text{ MPa}$  243 MPa  $s > 40 \text{ mm}$
- Resistenza rottura caratteristica  $f_{yk} = 430 \text{ MPa}$  400 MPa  $s > 40 \text{ mm}$
- Peso per unità di volume  $\gamma = 78 \text{ kN/m}^3$
  
- Saldature: livello C UNI EN ISO 5817
- Bulloni: vite classe 8.8 UNI EN 898
- Dadi: classe 8 UNI EN 898
- Barre filettate: vite classe 8.8 UNI EN 898
- Rondelle: 100 HV Durezza
- Classe di esecuzione: EXC2

### ACCIAIO PER MICROPALI – INFILAGGI

- S355J0 UNI EN 10210-2 formati a caldo
- S355J0 UNI EN 10219-2 formati a freddo
- Modulo di deformazione  $E_c = 2100000 \text{ Mpa}$
- Resistenza snervamento caratteristica  $f_{yk} = 355 \text{ Mpa}$  335 Mpa  $s > 40 \text{ mm}$
- Resistenza snervamento di progetto  $f_{yd} = 338 \text{ MPa}$  319 MPa  $s > 40 \text{ mm}$
- Resistenza rottura caratteristica  $f_{yk} = 510 \text{ MPa}$  470 MPa  $s > 40 \text{ mm}$
- Peso per unità di volume  $\gamma = 78 \text{ kN/m}^3$

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

## 5. LAVORAZIONE OPERE CIVILI

Per le lavorazioni relative alle opere civili, si rimanda al "Capitolato Speciale d'Appalto – Parte B2 – Opere Civili: descrizione delle lavorazioni, specifiche tecniche e prescrizioni", codice MTL2T1A0DZOOGENZ002.2 Cartella 1.1.

## 6. NORMATIVA

- Legge n° **1086** 5 novembre 1971

**"Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"**

- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

DECRETO 17 GENNAIO 2018 GU 42- 20 febbraio 2018

**Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"**

- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. **7 C.S.LL.PP.**

**Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018**

- D.G.R. 30 Dicembre 2019, n. 6-887

**"Preso d'atto della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte"**

- D.G.R. 26 Novembre 2021, n. 10—4161

**"Approvazione delle nuove procedure di semplificazione attuative di gestione**

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Capitolato speciale d'appalto – Parte B	23_MTL2T1A0DZOOMCAZ001-0-1.DOCX

**e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione sul rischio sismico”**