



CITTA' DI TORINO

Allegato n°

alla DC

DIVISIONE URBANISTICA E TERRITORIO
AREA URBANISTICA E QUALITA' DELL' AMBIENTE COSTRUITO
PROGETTO SPECIALE PIANO REGOLATORE
VIA MEUCCI N°4



PROPOSTA TECNICA DEL PROGETTO PRELIMINARE

(AI SENSI DELL'ARTT. 14 E 15 DELLA LUR N. 56/1977 E SM)

RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA

ai sensi di art.14 comma 2 lettera b)

**RELATIVA ALLE AREE INTERESSATE DA NUOVI INSEDIAMENTI O DA
OPERE PUBBLICHE DI PARTICOLARE IMPORTANZA:
CITTÀ DELLA SALUTE**

PROGETTISTA E RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Arch. Rosa GILARDI

(documento firmato digitalmente ai sensi art. 20 e ss. Del D.lgs 82/2005 e s.m.i.)

GRUPPO DI COORDINAMENTO

Arch. Donato GUGLIOTTA Arch. Giacomo LEONARDI Arch. Liliana MAZZA Ing. Labeled WASSEL

CON I COMPONENTI L'UFFICIO DEL PIANO

Torino, Maggio 2020

ACCORDO DI PROGRAMMA FINALIZZATO ALL'ATTUAZIONE DI UN PROGRAMMA DI INTERVENTI, NELL'AMBITO DELLE AREE EX FIAT AVIO E R.F.I., PER LA REALIZZAZIONE DEL PALAZZO DEGLI UFFICI REGIONALI, DEI NUOVI COMPARTI EDILIZI E DELLE OPERE INFRASTRUTTURALI CONNESSE

NUOVO PALAZZO PER UFFICI REGIONE PIEMONTE LOTTO 3



PROGETTO PRELIMINARE

REVISIONE	DATA	NOTE	OGGETTO	DIS	CON	APP
1	12/12/07	REV. PER VALIDAZIONE		ABr	LSo	AEu/LPi
0	26/10/07	PRIMA EMISSIONE		ABr	LSo	AEu/LPi

Titolo:

Scala:

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Raggruppamento di progetto:

Mandatario:

m fuksas ARCH

Piazza del Monte di Pietà, 30
00186 Roma
Tel +39 06 6880 7871
Fax +39 06 6880 7872
fukzasitalia@fukzas.it

85, rue du Temple
F-75009 Paris
Tel +33 1 446 18383
Fax +33 1 446 18389
m.fukzas@fukzas.fr

Schleusenstrasse 17
D-60327 Frankfurt am
Tel +49 69 24005 0
Fax +49 69 24005 199
office-FFM@fukzas.de

Mandanti:



AI Studio
Architettura, Ingegneria, Urbanistica
Via Lamarmora, 80 - 10128 Torino
E-mail posta@ai-group.it



AI Engineering s.r.l.

Via Lamarmora, 80 - 10128 Torino
E-mail posta@ai-group.it



Manens Intertecnica s.r.l.
Via Campofiore, 21 - 37129 Verona
E-mail manens@manens.com



Geodata S.p.A.

Corso Duca degli Abruzzi, 48/E - 10129 Torino
E-mail geodata@geodata.it

Responsabile del procedimento:

Dott.sa Maria Grazia FERRERI
Patrimonio Tecnico Regione Piemonte

Co-responsabile del procedimento:

Arch. Claudio FUMAGALLI
Pianificazione e gestione urbanistica
Regione Piemonte

Identificazione file:

Codice generale elaborato:	Codice opera	Lotto	Settore	Livello progetto	Area progettazione	Tipo documento	Numero elaborato	Versione
	PR	3	0	P	G	CG	005	1

REGIONE PIEMONTE

**NUOVO PALAZZO PER UFFICI REGIONE PIEMONTE
LOTTO 3**

PROGETTO PRELIMINARE

ELABORATI GENERALI

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	7
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE	8
4.1	Geologia e geomorfologia	8
4.1.1	La cementazione dei depositi quaternari	9
4.1.2	Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani.....	9
4.1.3	Depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano Autoctono.....	10
4.1.4	Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene	10
4.2	Idrogeologia	10
4.2.1	Complessi idrogeologici	10
4.2.2	Caratteristiche di permeabilità dei complessi idrogeologici.....	11
4.2.3	Variazioni del livello di falda superficiale	12
4.2.4	Ricostruzione della geometria di flusso della falda superficiale	13
4.2.5	Tendenze evolutive a lungo termine della falda superficiale.....	14
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE	16
5.1	Progetto di indagine per il Progetto Definitivo (2007)	16
5.2	Indagini geognostiche e caratterizzazione geotecnica per il progetto della Metropolitana Automatica di Torino	20
5.2.1	Caratteristiche fisiche del terreno	22
5.2.2	Individuazione e descrizione delle unità geotecniche	25
5.2.3	Sintesi della caratterizzazione geotecnica.....	33
6	QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE	35
6.1	Geologia e geotecnica per le opere in progetto	35
6.2	Idrogeologia	37
6.2.1	Valutazione della potenzialità di emungimento dell'acquifero superficiale	38
6.2.2	Valutazione dell'effetto di abbassamento dinamico della superficie piezometrica prodotto dai pozzi degli impianti tecnici	38
6.3	Interazione delle opere in progetto con l'assetto geologico-geotecnico	39
6.4	Valutazioni preliminari del cedimento medio delle fondazioni	40
6.4.1	Ipotesi per il calcolo dei cedimenti.....	41
6.4.2	Risultati di calcolo dei cedimenti.....	46
6.4.3	Capacità portante.....	53

6.4.4	Coefficienti di sottofondo.....	54
6.5	Approfondimenti per la fase di Progetto Definitivo	55
6.5.1	Carichi e vincoli applicati applicati.....	56
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	57
8	BIBLIOGRAFIA	59

ALLEGATI

ALLEGATO 1

- Tavola 1: Inquadramento geografico dell'area del Progetto Preliminare
- Tavola 2: Ubicazione delle indagini geognostiche reperite ed utilizzate ai fini dell'inquadramento geologico ed idrogeologico
- Tavola 3: Estratto dalla Carta Geologica foglio n. 56 "Torino" alla scala 1:100.000
- Tavola 4: Carta del pannello piezometrico della falda superficiale
- Tavola 5: Sezione geologico tecnica di riferimento con indicazione delle opere in progetto
- Tavola 6: Profilo geologico per il Progetto Definitivo - Bozza

ALLEGATO 2

Stratigrafie delle indagini geognostiche preesistenti utilizzate ai fini dell'inquadramento geologico ed idrogeologico.

ALLEGATO 3

Stratigrafie delle indagini geognostiche realizzate durante la campagna geognostica 2007 (settembre –novembre 2007).

ALLEGATO 4

RICCI, G., ENRIONE, R., EUSEBIO, A., CROVA, R. 2007. "Numerical modelling of the interference between underground structures and aquifers in urban environment. The Turin subway – Line 1". Underground Space – the 4th Dimension of Metropolises.

1 PREMESSA

La presente Relazione Geologica e Geotecnica è redatta nell'ambito del Progetto Preliminare del Nuovo Palazzo della Regione Piemonte, di cui è prevista la realizzazione nell'area industriale dismessa denominata "ex-Fiat Avio", sita nel Comune di Torino.

La presente relazione tratta le opere di pertinenza del Lotto 3, ovvero il Palazzo della Regione per la Giunta e gli Uffici, il Centro Servizi/Congressi a fianco del Palazzo, il complesso dei parcheggi interrati, i locali tecnici a servizio delle varie funzioni.



Figura 1.1: Vista aerea dell'area oggetto degli interventi di trasformazione urbana- Lotto 3.

Nella relazione vengono sintetizzate le informazioni relative al contesto geologico, idrogeologico e geotecnico e vengono forniti gli indirizzi utili alle successive fasi di approfondimento in relazione alle opere da realizzare.

Sono stati quindi inquadrati il contesto stratigrafico di riferimento per l'area del Progetto, le caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti, con particolare riferimento alla presenza del livello di falda e delle sue variazioni stagionali.

Nell'ambito della presente fase progettuale, sulla base dei riscontri sintetizzati in questa relazione, è stato impostato uno specifico "Piano delle Indagini Geognostiche in sito e prove di laboratorio" (elaborato rif. PR-3-0-P-S-CI-015-1), finalizzato alla raccolta dei dati necessari alla caratterizzazione geologica, idrogeologica e geotecnica, così come previsto dal D.M. 11/03/1988 e successiva Circolare esplicativa.

I dati utilizzati nella presente fase progettuale provengono da ricerche bibliografiche, analisi e studi effettuati in zone adiacenti all'area, in particolare per la realizzazione della limitrofa Linea 1 della Metropolitana di Torino, dalla consultazione degli studi geologici e idrogeologici ai sensi della Circolare P.R.G. n. 7/LAP dell'8 maggio 1996, a corredo della Variante n. 100 del P.R.G. del Comune di Torino ed integrati dai primi risultati delle indagini in sito in corso di svolgimento e finalizzate alla caratterizzazione geologica, idrogeologica e geotecnica dei terreni interessati dal Progetto Preliminare.

La Tavola 1 (Allegato 1) riporta l'inquadramento geografico dell'area oggetto della presente relazione, nel territorio urbano di Torino.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La presente relazione è stata redatta in accordo ai criteri generali stabiliti dalle Normative vigenti fra cui in particolare:

- Legge 11.02.1994 n° 109, “Legge quadro in materia di lavori pubblici” e successive modificazioni.
- D.P.R. 21.12.1999 n°554, “Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11.2.1994 n°109 e successive modificazioni”.
- D.M. LL. PP. 11 marzo 1988 – “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circ. Min. LL.PP. 24-9-1988 n. 30483 - Istruzioni relative alle “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- UNI 10006 (Giugno 2002): Costruzione e manutenzione delle strade. Tecniche di impiego delle terre.
- D.M.LL.PP. 14 febbraio 1997 - “Direttive tecniche per l’individuazione e la perimetrazione, da parte delle Regioni, delle aree a rischio idrogeologico”.
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 – “Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche”.
- Ordinanza Presidenza Consiglio dei Ministri 20/03/2003 n. 3274, “ Primi criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale di normativa tecnica per le costruzioni in zone sismiche”, e s.m.i.
- Eurocodice 7, “Geotechnical design” (EN 1997-1:2002).
- Eurocodice 8, “Design of structures for earthquake resistance” (EN 1998-1/6:2002-2003).

3 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Per la redazione della presente relazione sono state utilizzate diversi fonti relative sia a studi territoriali specifici (P.R.G. e varianti) sia a progetti di infrastrutture recentemente progettate ed in via di realizzazione nel territorio urbano torinese, oltre che documenti specificatamente realizzati nell'ambito del progetto degli interventi di bonifica dell'area di interesse. Tali fonti sono qui di seguito elencate:

- Progetto Definitivo dell'intervento di messa in sicurezza e bonifica dell'area denominata "ex-FIAT AVIO" in via Nizza, redatto dallo Studio Tedesi di Milano per il Gruppo Zunino RI Investimenti s.r.l., terminato nel marzo 2006. Sono allegate allo studio n.12 stratigrafie relative ai sondaggi geognostici eseguiti nell'ottobre 2005 (codice S56-S65 e PM12 e PM13);
- Progetto Definitivo ed Esecutivo della Linea 1 della Metropolitana, tratta Porta Nuova-Lingotto, redatto dal raggruppamento temporaneo di imprese Systra S.A., Geodata S.p.A., Metropolitana Milanese S.p.A. e Studio Quaranta per il Gruppo Torinese Trasporti (GTT) nel periodo 2004-2006;
- Stratigrafie relative ad indagini geognostiche a carotaggio continuo, eseguite in occasione del progetto e dell'esecuzione di diversi lavori nell'area immediatamente adiacente all'area oggetto della variante:
 - prolungamento del sottopasso del Lingotto al Corso Unità d'Italia (stratigrafie SOT1 e SOT2);
 - esecuzione del parcheggio interrato nell'area Lingotto (stratigrafie Spi1-Spi5);
 - lavori di sistemazione della rampa sud del centro fiere del Lingotto S.p.A. (stratigrafie S1-S5);
 - progetto di riuso dell'area Lingotto (stratigrafie SP1-SP3 e A-C).

Le indagini per la progettazione della Linea 1 della metropolitana e le indagini eseguite in tempi diversi per la trasformazione dell'area Lingotto sono state utilizzate per la definizione del quadro geologico ed idrogeologico generale (Capitolo 4). I primi risultati delle indagini geognostiche in corso e quelle eseguite all'interno dell'area del Progetto (Progetto Definitivo dell'intervento di bonifica dell'ex Fiat Avio), sono state prese come riferimento per la definizione del quadro geologico ed idrogeologico di riferimento progettuale (Capitolo 6).

L'ubicazione di quest'ultime indagini, con i relativi codici identificativi, è riportata nell'elaborato "Planimetria indagini geognostiche" (rif. PR_3_0_P_S_AA_001_1). Nell'allegato 2 alla presente relazione sono riportate le stratigrafie sopra citate.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE

4.1 Geologia e geomorfologia

Il territorio comunale di Torino si estende per gran parte su un'area semi-pianeggiante costituita dagli apporti successivi delle conoidi alluvionali poste allo sbocco delle valli alpine della Dora Riparia e della Stura di Lanzo; la restante parte del territorio è costituita dai rilievi collinari posti a est del fiume Po. L'area urbana presenta una debole pendenza procedendo da ovest verso est, passando da 260-270 m s.l.m. a circa 220 m s.l.m.

Le conoidi alluvionali sono costituite da depositi di origine fluvioglaciale, successivamente rimodellati, almeno nei livelli più superficiali, dai corsi d'acqua che attraversano il territorio comunale (Po, Stura di Lanzo, Dora Riparia e Sangone), (cfr. *Bonsignore, G., Bortolami, G., et al. 1969*, in Allegato 1-Tavola 3).

I clasti costituenti i depositi fluvioglaciali sono derivati dai litotipi del bacino idrografico di alimentazione: il Massiccio Ultrabasico di Lanzo (serpentiniti, ultrabasiti) per la Stura di Lanzo ed il Complesso del Dora Maira (gneiss, quarziti), Calcescisti a Pietre Verdi, Serie dell'Ambin (micascisti, quarziti) per la Dora Riparia ed il Sangone.

Gli apporti di materiali a granulometria più fine (limi sabbiosi e/o argillosi), presenti in lenti all'interno delle ghiaie, sono attribuibili alle dinamiche legate all'azione dei corsi d'acqua nei tratti caratterizzati da una limitata energia deposizionale.

L'assetto geologico generale ricostruito dalle numerose indagini svolte nel sottosuolo torinese, è suddiviso, per i primi 150 metri circa, in tre complessi litostratigrafici:

- depositi fluvioglaciali e fluviali continentali quaternari (periodo glaciale Riss): ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa, in genere sciolte, salvo che per la presenza di livelli discontinui di conglomerato;
- depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano (Sacco, 1886): limi argillosi e livelli sabbioso ghiaiosi, debolmente coesivi;
- depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene: limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie grigio azzurre con fossili, piuttosto coesivi.

I depositi fluviali e fluvioglaciali presentano, al loro interno, orizzonti e livelli ad andamento discontinuo ed a vario grado di cementazione o comunque di addensamento; i livelli a maggior cementazione (livelli conglomeratici) sono caratteristici del sottosuolo di Torino e sono noti in letteratura con il termine formazionale di "puddinghe".

Il limite inferiore dei depositi fluvioglaciali Rissiani è costituito da un contatto di tipo erosionale. La potenza del secondo complesso, desunta da informazioni bibliografiche, varia molto in relazione alla zona di riferimento, da un massimo di 140 metri (Piazza Marmolada) a

pochi metri nella zona nord di Torino, nelle vicinanze della Stura di Lanzo. Il contatto tra la base del complesso Villafranchiano ed i depositi Pliocenici è di eteropia di facies.

4.1.1 La cementazione dei depositi quaternari

Il sottosuolo di Torino, nella fascia superiore costituita dai depositi fluvioglaciali quaternari (ghiaia, ciottoli e sabbie in matrice limosa) all'interno della quale si svilupperà il progetto, da un punto di vista geologico generale può essere definito relativamente semplice ed omogeneo; tuttavia, ad una scala di osservazione più ridotta, questo terreno può talora presentare variazioni rilevanti, sia lateralmente, sia lungo la profondità, sia da un punto di vista granulometrico sia per quanto riguarda il grado di cementazione e/o addensamento.

La cementazione è dovuta alla precipitazione del carbonato di calcio e magnesio presente in soluzione sia nell'acqua di falda, sia nell'acqua di infiltrazione meteorica, per variazioni di temperatura e di pH. I carbonati presenti in soluzione provengono principalmente dalle acque della Dora Riparia, che alimenta la falda superficiale nei periodi di maggior portata. Le acque di precipitazione meteorica, infiltrandosi nel suolo, si arricchiscono di CO₂. Questa, combinandosi con l'acqua, produce acido carbonico (H₂CO₃) determinando una diminuzione del pH. Le acque, divenute quindi aggressive, riescono a portare in soluzione il carbonato di calcio e magnesio presente nei depositi. All'aumentare della profondità, il variare della temperatura rimodifica il pH e dà origine, di conseguenza, alla precipitazione dei carbonati in soluzione.

4.1.2 Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani

I depositi di origine fluvioglaciale e fluviale formano, come detto, lo strato superficiale di vasta parte del territorio comunale di Torino. Le ghiaie, che rappresentano la frazione avente la maggior rilevanza in termini percentuali, si accompagnano a ciottoli (anche di dimensioni pluridecimetriche), sabbie medio-grossolane e livelli lentiformi limoso-argillosi. I ciottoli risultano sostanzialmente composti da quarziti, gneiss, serpentiniti e metagabbri e raramente presentano un'alterazione tale da comprometterne la struttura. La forma varia da sub-arrotondata ad arrotondata, ma sono frequenti anche ciottoli discoidali: questa forma appiattita è anche assai frequente nella ghiaia e nel ghiaietto. Le dimensioni dei ciottoli sono molto variabili, potendo raggiungere, talvolta, carattere di veri e propri trovanti (osservati sia durante i lavori del Passante Ferroviario-1° Lotto, sia nella prima tratta della Linea 1 della metropolitana). Il diametro di 10-30cm è quello maggiormente rappresentato. Sono inoltre qua e là presenti livelli lenticolari di ciottoli e ghiaie discoidali privi di matrice sabbioso limosa fine.

La peculiarità di questi depositi è data dalla eventuale presenza di cementazione, che varia sia in grado sia in profondità. La presenza di concrezioni di calcite e cemento calcareo, prevalentemente sulla parte superiore dei ciottoli può avvalorare l'interpretazione che vede la cementazione legata al fenomeno della percolazione delle acque di infiltrazione (zona non satura).

4.1.3 Depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano Autoctono

Tali depositi, sottostanti ai precedenti depositi fluvioglaciali e fluviali, sono costituiti da alternanze di sedimenti di ambiente fluviale (ghiaie e sabbie) e di ambiente lacustre-palustre (limi e argille). Nei materiali più francamente grossolani e permeabili sono contenute varie falde idriche in pressione confinate dai livelli limoso argillosi, che funzionano da setti impermeabili.

I dati delle indagini eseguite lungo l'asse di via Nizza, per il progetto della linea 1 della Metropolitana (tratta Porta Nuova-Lingotto) evidenziano che questi depositi sono presenti fino all'intersezione con corso Marconi; localmente risultano assenti come confermato dal fatto che, in corrispondenza dei sondaggi eseguiti in zona Piazza Carducci, si è osservato il passaggio diretto tra i depositi fluvioglaciali ed i depositi d'ambiente marino.

4.1.4 Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene

I litotipi che caratterizzano questo complesso vanno dalle sabbie alle argille, con predominanza dei depositi più fini in corrispondenza della pianura torinese. Le argille, tipicamente di colore azzurrognolo, risultano alquanto siltose nella parte più alta della formazione e contengono frequentemente resti fossiliferi. I depositi argillosi, come accennato al paragrafo precedente, sono stati ritrovati nei sondaggi profondi per la Linea 1 della metropolitana a partire dall'intersezione con Corso Marconi e procedendo verso sud (direzione Lingotto).

4.2 Idrogeologia

4.2.1 Complessi idrogeologici

I recenti studi geologici ed idrogeologici generali (2000-2006) eseguiti in sede di Progetto Definitivo ed Esecutivo della Linea 1 della Metropolitana di Torino, unitamente alla ricerca di dati bibliografici estesa a tutto il territorio comunale di Torino hanno permesso di delineare un approfondito quadro idrogeologico di riferimento. Con riferimento alla zona urbana del territorio comunale di Torino, ubicata in sinistra orografica del fiume Po, si schematizza il seguente assetto idrogeologico, partendo da piano campagna e procedendo in profondità:

- complesso ghiaioso-sabbioso; sede dell'acquifero libero principale, è costituito da depositi grossolani riferibili al Quaternario (ciottoli, ghiaie e sabbie in matrice sabbioso-limosa) potenti 30÷40 m. Lo spessore della zona satura è variabile tra 15 e 25 m. La soggiacenza della falda varia da zona a zona e si attesta mediamente sui -12 ÷ -18m da p.c.;
- complesso argilloso-limoso-ghiaioso; sede di un acquifero profondo del tipo multifalda, è situato indicativamente tra 40 e 200 m dal p.c., come desunto dalle informazioni provenienti da diversi pozzi profondi presenti nell'area torinese. Tale acquifero è costituito da alternanze di depositi medio grossolani (livelli di ghiaie e sabbie) costituenti livelli acquiferi in pressione, compartimentati da orizzonti fini (limi argillosi e argille limose). Tale complesso è riferibile ai depositi fluviolacustri riferibili al Villafranchiano (Auct.) del Pliocene Superiore-Pleistocene Inferiore ed è isolato idraulicamente dal soprastante complesso da uno strato, posto al tetto, costituito da depositi argillosi, spesso compatti e potenti 20÷30 m.

Il secondo complesso idrogeologico è presente, sotto i depositi quaternari, solo in determinate porzioni del territorio comunale torinese. Per le restanti parti, le indagini geognostiche hanno permesso di identificare i depositi limoso-sabbiosi debolmente argillosi compatti, riferibili al Pliocene. Tali depositi non sono sede di livelli acquiferi e svolgono il ruolo d'impermeabile relativo nei confronti del soprastante acquifero superficiale.

L'assetto idrogeologico sopra riportato determina la presenza di un acquifero freatico superficiale contenuto nel complesso ghiaioso-sabbioso confinato inferiormente dai depositi argillosi compatti del Villafranchiano o dai depositi limoso-sabbiosi debolmente argillosi compatti del Pliocene.

4.2.2 Caratteristiche di permeabilità dei complessi idrogeologici

In relazione alle caratteristiche di permeabilità di tali complessi si può ritenere, sulla scorta delle numerose prove di permeabilità eseguite per il progetto della linea 1 della Metropolitana (circa 50 prove Lefranc e 2 prove di pompaggio a lunga durata), che il complesso ghiaioso-sabbioso superiore sia caratterizzato da una permeabilità medio-elevata, mentre i sottostanti depositi fini limosi, che costituiscono il limite impermeabile dell'acquifero freatico sia che essi appartengano al Villafranchiano che al Pliocene, sono caratterizzati da bassa-molto bassa permeabilità. La tabella sotto riportata riassume gli intervalli dei valori di permeabilità evidenziati dalle prove idrauliche eseguite.

Complesso idrogeologico	Complesso ghiaioso-sabbioso	Complesso argilloso-limoso-ghiaioso
Permeabilità (m/s)	$1.0E^{-05} \div 3.0E^{-03}$	$5.0E^{-06} \div 1.0E^{-08}$

Tabella 4.1: Caratteri di permeabilità dei complessi idrogeologici

Relativamente ai livelli grossolani (livelli di ghiaie e sabbie) presenti nel complesso idrogeologico argilloso-limoso-ghiaioso del Villafranchiano, non si dispone di risultati di prove idrauliche recenti, tuttavia è ragionevole, in base alla granulometria di tali livelli, attendersi valori di permeabilità medio-elevati.

4.2.3 Variazioni del livello di falda superficiale

I dati provenienti dal monitoraggio della falda superficiale nelle verticali di indagine eseguite per il progetto della linea 1 della Metropolitana hanno evidenziato che l'oscillazione della superficie di falda è limitata, nel corso dell'anno, a un valore massimo di 1÷1.5m. Il massimo si colloca solitamente nella stagione invernale ma può spostarsi nei mesi primaverili in seguito a prolungati periodi di precipitazione. I dati provenienti dal monitoraggio automatico mostrano come la falda reagisca in ritardo rispetto agli input di ricarica della precipitazione. Tale ritardo, causato dall'estensiva impermeabilizzazione del territorio urbano, si può quantificare in circa 1÷1.5 mesi. Qualitativamente si può affermare che il livello di falda risente in misura maggiore dell'apporto causato da un prolungato periodo di precipitazioni rispetto a un singolo evento, pur d'elevata entità.

La figura 4.1 riporta la relazione tra le precipitazioni totali giornaliere ed il livello della falda superficiale, monitorata con letture bi-giornaliere durante il periodo ottobre 2001-luglio 2002. Il dato è stato misurato nel piezometro S33, ubicato all'angolo tra C.so Dante e Via Madama Cristina, relativo alle indagini della fase di Progetto Definitivo della linea 1 della Metropolitana. Come si può osservare l'incremento delle precipitazioni nel periodo primaverile (aprile-maggio) si riflette in un innalzamento del livello piezometrico che raggiunge il suo picco verso la fine di maggio 2002.

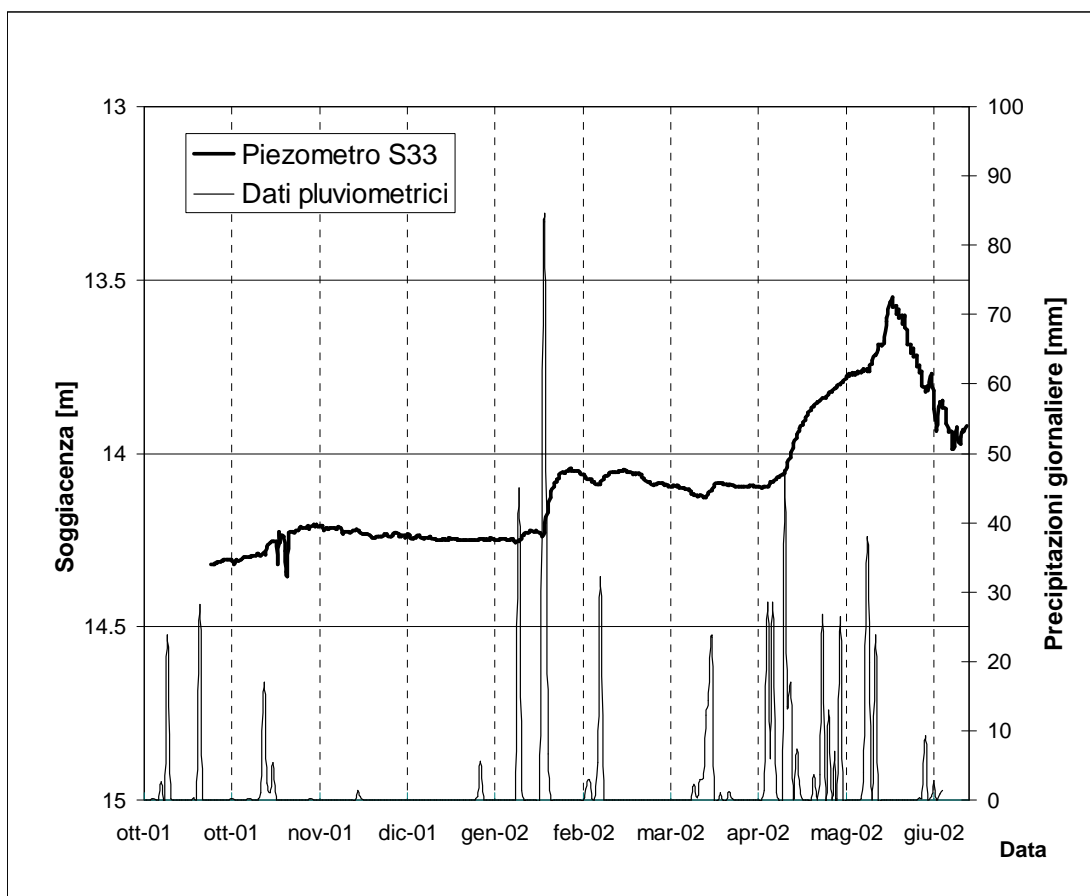


Figura 4.1: Grafico dei dati provenienti dal monitoraggio automatico della falda superficiale in relazione con i dati pluviometrici giornalieri – periodo ottobre 2001-luglio 2002.

4.2.4 Ricostruzione della geometria di flusso della falda superficiale

L'acquifero superficiale è alimentato principalmente dagli apporti provenienti da ovest, considerando che l'infiltrazione, sul territorio urbano di Torino è perlopiù intercettata dalla rete di drenaggio superficiale. Studi recenti (*Bortolami, De Luca e Filippini, 1990*) definiscono biunivoci i rapporti tra la falda superficiale ed i corsi d'acqua (torrente Sangone e Dora Riparia) in quanto dipendenti dalle oscillazioni stagionali. Il fiume Po rappresenta il livello di base locale dell'acquifero e, per il tratto di scorrimento nel territorio di Torino, funge da recettore delle acque della falda superficiale. La condizione drenante del Po nel tratto urbano è sostanzialmente confermata dall'andamento delle isopiezometriche e dalle quote del fiume. La brusca rottura di pendio che si osserva in prossimità dell'alveo del Po è responsabile del drenaggio delle acque sotterranee.

La direzione di flusso media è ESE (120° N) e localmente varia secondo il grado di permeabilità dei depositi, creando zone di convergenza (o divergenza) delle direttrici di flusso.

Il gradiente idraulico della falda superficiale varia da 0.25%-0.28% (valore medio nella zona centrale di Torino) a 0.7%-0.8% in prossimità del fiume Po.

Non è da escludere che in relazione ad eventi alluvionali di natura eccezionale (come quello registrato nell'ottobre 2000) il livello del Po raggiunga un'altezza tale da alimentare localmente la falda superficiale. Il fenomeno, osservato da alcuni proprietari di pozzi privati localizzati nelle vicinanze del fiume, è di durata limitata e tende ad esaurirsi in pochi giorni.

4.2.5 Tendenze evolutive a lungo termine della falda superficiale

Le tendenze evolutive a medio-breve termine sono sostanzialmente influenzate dalla distribuzione delle precipitazioni durante l'anno e dal succedersi di anni a piovosità superiore alla media (la media per Torino è valutabile in 830-840 mm/h totali). Un trend di crescita pluriennale è stato osservato negli anni 1996-1997, al contrario gli anni 1987-1988 avevano un livello di falda inferiore alla media. In ogni caso, tale trend pluriennale di crescita comporta un incremento di +1.2÷1.5 m rispetto al livello di partenza.

Per quanto riguarda le tendenze evolutive della falda superficiale a lungo termine i dati storici indicano che:

- alcuni dati di pozzi ritrovati nella zona di Porta Susa consentono di ipotizzare il livello della falda storica posto ad una quota di 4÷5 metri superiore a quella misurata attualmente;
- la differenza di quota è stata calcolata nella zona di Porta Susa, mancando indicazioni affidabili sul resto del territorio urbano; data tale assenza di dati, si deve ipotizzare che le condizioni generali di deflusso non siano variate nel corso delle epoche storiche e che dunque il valore differenziale di +4÷5 metri possa applicarsi alla superficie di falda identificata in tempi recenti;
- il progressivo decentramento delle attività produttive dal territorio urbano e la conseguente chiusura dei pozzi usati a scopo industriale fino agli inizi degli anni '80 ha determinato un innalzamento della falda che, in via teorica, avrebbe dovuto riallinearsi ai livelli dell'ottocento. I dati recenti (campagna misure 2000-2005 per il progetto della linea 1 della Metropolitana) mostrano che l'effetto di innalzamento indotto dalla dismissione dei pozzi collegati alle attività produttive si è sostanzialmente ridotto. Attualmente il livello della falda dipende in maniera più diretta dalle precipitazioni meteoriche che cadono sui bacini idrogeologici della Dora Riparia e della Stura di Lanzo che contribuiscono all'alimentazione della falda superficiale di Torino.

A commento di tali dati storici si deve osservare come le condizioni di infiltrazione del territorio di Torino siano variate rispetto all'epoca storica di riferimento dei pozzi osservati

(fine 1700) in quanto l'urbanizzazione del territorio ha praticamente azzerato la ricarica diretta. Attualmente, la gran parte dell'acqua che cade sul territorio urbano è intercettata dalla rete di drenaggio delle acque bianche e convogliata nel fiume Po e non contribuisce alla ricarica della falda. Tuttavia, a livello cautelativo, si ritiene che il dato del livello di falda storica sia da tenere in conto per la definizione del livello di falda superficiale da valutare nella progettazione dell'opera.

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE

L'area di progetto è stata notevolmente investigata dal punto di vista geognostico nell'ambito dello studio dell' "Intervento di messa in sicurezza e bonifica dell'Area ex FIAT AVIO" e, ad una scala più vasta, per la caratterizzazione geotecnica della progettazione della linea 1 della Metropolitana di Torino, nella tratta Porta Nuova-Lingotto.

Gli interventi previsti per la realizzazione del Palazzo della Regione Piemonte comportano opere di fondazione che data l'elevazione dei manufatti, saranno necessariamente spinte in profondità nel sottosuolo.

Al fine di fornire gli elementi per una caratterizzazione geotecnica preliminare del terreno interessato dalla realizzazione delle opere in progetto, viene esposta nel seguito la metodologia adottata, oltrechè i risultati ottenuti, per la caratterizzazione geotecnica nell'ambito della progettazione definitiva ed esecutiva della seconda tratta funzionale (Porta Nuova-Lingotto) della Metropolitana Automatica di Torino. I risultati di tale caratterizzazione geotecnica sono quindi stati assunti, in via del tutto preliminare come base per le assunzioni dei calcoli e verranno ridefiniti, in fase di Progettazione Definitiva, sulla base dei risultati delle indagini geognostiche descritte di seguito.

5.1 Progetto di indagine per il Progetto Definitivo (2007)

Per quanto riguarda la pianificazione della campagna di indagini geognostiche gli aspetti tenuti in considerazione sono i seguenti:

- indagini esistenti.
- assetto litostratigrafico previsto, caratteristiche geotecniche dei materiali e soggiacenza della falda;
- tipologia prevista per le fondazioni;
- estensione spaziale del "bulbo di sollecitazione" indotto dall'edificio;
- tecniche di miglioramento del terreno (es. jet-grouting);

La pianificazione delle indagini ha tenuto, infatti, conto di parametri progettuali come i carichi e le caratteristiche strutturali previste per l'edificio. D'altronde le risultanze della campagna di indagini potranno fornire elementi utili anche per la valutazione delle migliore tipologia di fondazione da adottare. La scelta della tipologia di fondazioni andrà ovviamente eseguita in parallelo agli esiti della campagna di indagini geognostiche.

Per quanto riguarda la scelta delle profondità da investigare si è scelto, in via preliminare, di spingere alcune delle indagini fino ad una profondità pari al doppio della lunghezza

dell'edificio in progetto, sulla base di valutazioni legate alla estensione del bulbo di pressione (cfr. soluzione di Boussinesq, in Bowles cap. 5.3).

Per quanto riguarda gli aspetti geologico-tecnici, particolare attenzione sarà posta nella verifica del grado di omogeneità dell'assetto litostratigrafico relativamente alla zona in oggetto. E' documentata, come descritto precedentemente, la presenza di trovanti e lenti di materiali fini all'interno dei depositi ghiaioso-sabbiosi.

Gli aspetti geotecnici da investigare comprendono le caratteristiche di resistenza e deformabilità del terreno. In secondo luogo andranno verificate le caratteristiche di rigidità in condizioni statiche e dinamiche del terreno e dell'insieme edificio-terreno.

Sono previsti e in corso di realizzazione, per la caratterizzazione delle fondazioni dell'edificio principale, 13 sondaggi a carotaggio continuo (St1-13), spinti fino ad una profondità di 80m. Durante l'esecuzione delle indagini saranno eseguite prove in sito volte a determinare le caratteristiche di resistenza e deformabilità del terreno. Sono inoltre previsti 3 sondaggi (St14-16) per la caratterizzazione dell'adiacente edificio adibito a Centro Servizi/Congressi a fianco del Palazzo, spinti fino alla profondità di 40 m.

In particolare è prevista l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche SPT, prove pressiometriche, prove dilatometriche e prove di emungimento (prove Lefranc, eventuali Lugeon a livello dei settori cementati e nei materiali coesivi). Durante la perforazione è previsto il prelievo di campioni rimaneggiati ed indisturbati sui quali verranno eseguite le prove di laboratorio descritte nel paragrafo successivo. Una serie dei fori saranno utilizzati per la esecuzione di indagini geofisiche mediante rilievi di sismica cross-hole.

Sono altresì previsti 3 sondaggi (Sp1-3) per la caratterizzazione del terreno dove sarà realizzato il parcheggio interrato, fino alla profondità di 30m. E' prevista, inoltre, la realizzazione di 9 sondaggi (Sv1-9) a carotaggio continuo compresi tra 20 e 30m dal p.c., per investigare le aree ove è prevista la nuova viabilità di superficie ed in sotterraneo.

Tabella 5.1 – Tipologie e scopi delle indagini

Tipo di indagine	Scopo dell'indagine
Sondaggi a carotaggio	<ul style="list-style-type: none"> • Stratigrafia • Distribuzione dei livelli cementati e presenza di trovanti • Prelievo di campioni per prove di laboratorio • Installazione di strumenti in foro • Esecuzione di prove in sito
SPT	<ul style="list-style-type: none"> • Densità relativa (orizzonti sciolti/addensati), caratteristiche di resistenza del terreno
Prove pressiometriche	<ul style="list-style-type: none"> • Caratteristiche di deformabilità del terreno

Prove dilatometriche	<ul style="list-style-type: none"> • Caratteristiche di resistenza e deformabilità del terreno
Sismica cross-hole	<ul style="list-style-type: none"> • Caratterizzazione geotecnica spaziale, con particolare attenzione alla verifica di potenza e andamento spaziale tridimensionale dei livelli cementati
Prove e misure idrogeologiche	<ul style="list-style-type: none"> • Determinazione delle caratteristiche dell'acquifero
Prove di laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> • Determinazione delle caratteristiche fisiche e di deformabilità del terreno

Nella tabella seguente sono riepilogate le tipologie e le quantità delle indagini previste in corrispondenza dell'edificio in progetto.

Tabella 5.2 – Indagini previste per l'area di fondazione del Palazzo della Regione per la Giunta e dell'adiacente edificio adibito a Centro Servizi/Congressi

Cod.	Fase	Tip.	Prof. [m]	Prove in sito					Equipaggiamento foro
				SPT	Pressiometriche	Dilatometriche	Lefranc /Lugeon	Tomografia sismica	
St1	1	S.c.c.	80	5	1	1	1	-	-
St2	1	S.c.c.	80	5	2	1	1	C.H.1	Tubo cieco PVC/ABS
St3	1	S.c.c.	80	5	1	1	1	C.H.3	Tubo cieco PVC/ABS
St4	1	S.c.c.	80	5	1	1	1	-	Piezometro t. aperto
St5	1	S.c.c.	80	5	1	1	1	C.H.2	Tubo cieco PVC/ABS
St6	1	S.c.c.	80	5	1	1	1	C.H.2	Tubo cieco PVC/ABS
St7	1	S.c.c.	80	5	2	-	1	-	Piezometro t. aperto
St8	1	S.c.c.	80	5	2	-	1	C.H.3	Tubo cieco PVC/ABS
St9	1	S.c.c.	80	5	1	-	1	C.H.1	Tubo cieco PVC/ABS
St10	1	S.c.c.	80	5	1	1	1	C.H.2	Tubo cieco PVC/ABS
St11	1	S.c.c.	80	5	1	1	1	C.H.3	Tubo cieco PVC/ABS
St12	1	S.c.c.	80	5	2	1	1	C.H.1	Tubo cieco PVC/ABS
St13	1	S.c.c.	80	5	1	1	1	C.H.2	Tubo cieco PVC/ABS
St14	1	S.c.c.	40	5	1	-	1	-	Piezometro t. aperto
St15	1	S.c.c.	40	5	1	-	1	-	-
St16	1	S.c.c.	40	5	1	-	1	-	-
Totale			1160	80	20	10	16	3	200m

S.c.c. Sondaggio a carotaggio continuo; C.H.: cross-hole sismico

Nella tabella seguente sono, invece, riepilogate le tipologie e le quantità delle indagini previste in corrispondenza delle aree ove è previsto il parcheggio sotterraneo e la nuova viabilità.

Tabella 5.3 – Indagini previste per le aree di nuova viabilità e a parcheggio pubblico

Codice sondaggio	Fase	Tipologia	Profondità [m]	Prove in sito
Sv1	2	S.c.c.	30	SPT, Lefranc
Sv2	2	S.c.c.	30	SPT, Lefranc
Sv3	2	S.c.c.	30	SPT, Lefranc
Sv4	2	S.c.c.	30	SPT, Lefranc
Sv5	2	S.c.c.	20	SPT, Lefranc
Sv6	2	S.c.c.	20	SPT, Lefranc
Sv7	2	S.c.c.	20	SPT, Lefranc
Sv8	2	S.c.c.	30	SPT, Lefranc
Sv9	2	S.c.c.	30	SPT, Lefranc
Sp1	2	S.c.c.	30	SPT, Lefranc
Sp2	2	S.c.c.	30	SPT, Lefranc
Sp3	2	S.c.c.	30	SPT, Lefranc
Totale			330	

S.c.c. Sondaggio a carotaggio continuo

L'ubicazione dei sondaggi è riportata nella Tavola "Planimetria indagini geognostiche" (rif. PR_3_0_P_S_AA_001_1).

Durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio è previsto il prelievo di campioni di materiale in corrispondenza ai depositi fluvioglaciali ed all'interno delle sottostanti formazioni limoso-sabbiose e limoso-argillose. A causa delle evidenti difficoltà legate alle caratteristiche granulometriche, in corrispondenza dei depositi fluvioglaciali è prevedibile il recupero quasi esclusivo di campioni rimaneggiati (eccettuati quelli eventualmente recuperabili nei livelli sabbioso-limosi), mentre le formazioni limoso-sabbiose e limoso-argillose consentiranno il prelievo di campioni indisturbati.

Sui campioni saranno eseguite le prove di laboratorio che nel seguito vengono elencate in dettaglio, sia per quanto riguarda il tipo che il numero; tali prove permetteranno di determinare le caratteristiche fisiche, il fuso granulometrico ed i limiti di plasticità, nonché valutare le caratteristiche di resistenza e deformabilità (prove edometriche e prove triassiali) dei terreni.

Nel complesso saranno realizzate:

- 54 analisi granulometriche eseguite su campioni prelevati durante i carotaggi (di cui 10 relative a campioni per i quali è stata condotta un'analisi aerometrica);
- 10 determinazioni dei limiti di Atterberg;
- 16 prove triassiali;
- 8 prove edometriche.

5.2 Indagini geognostiche e caratterizzazione geotecnica per il progetto della Metropolitana Automatica di Torino

La complessità del progetto ha richiesto la realizzazione di una serie di indagini geognostiche al fine di integrare il quadro conoscitivo di base ed indirizzare le scelte progettuali e i dimensionamenti delle opere, secondo quanto previsto dalla normativa vigente, in particolare il D.M. 11/3/1988.

Le indagini sono state eseguite per mezzo delle tre campagne geognostiche di luglio-ottobre 2001 (Progetto Definitivo - ipotesi di tracciato lungo via Madama Cristina), febbraio-aprile 2003 (Progetto Definitivo - integrazione delle indagini esistenti con nuove verticali, in particolare lungo Via Nizza, in adiacenza al nuovo tracciato) e ottobre-novembre 2004 (Progetto Definitivo – ipotesi di tracciato lungo Via Nizza) e sono articolate nelle diverse tipologie descritte nel seguito.

Tali indagini hanno fornito importanti informazioni per:

- affinare il grado di conoscenza dei terreni (ricostruzione della sequenza litostratigrafica, definizione meno approssimata della distribuzione areale dei livelli cementati e delle lenti di materiali fini, caratteristiche fisico-mineralogiche);
- caratterizzare le unità geotecniche (in particolar modo per quanto riguarda i parametri di deformabilità, di resistenza e di permeabilità);
- ricostruire l'assetto idrogeologico e le caratteristiche della falda (quantificazione dei parametri idrodinamici dell'acquifero, monitoraggio e studio del livello e delle relative oscillazioni della falda nel breve e nel lungo periodo, determinazione delle caratteristiche fisico-chimiche dell'acqua);
- caratterizzare i terreni per l'individuazione delle tecnologie di scavo e consolidamento più idonee (per esempio idrofresa per lo scavo dei diaframmi, scudi a pressione per scavo galleria e relativi utensili di taglio, frantumazione ed evacuazione dei materiali scavati ecc.).

Le indagini sono state realizzate in corrispondenza delle principali opere in progetto (stazioni) e lungo la galleria, tenendo conto dei notevoli vincoli imposti in superficie dall'attuale assetto viario ed urbanistico e in sotterraneo dalla disposizione della rete di

sottoservizi (acquedotto, fognatura nera e bianca, gas, telecomunicazioni, illuminazione pubblica, energia elettrica, ecc.).

I risultati di tutte le fasi di indagine sono stati utilizzati per la caratterizzazione geotecnica dei terreni.

Complessivamente sono state realizzate:

- 22 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, aventi diametro di 101 mm e profondità comprese tra 26 e 47m, con esecuzione di prove penetrometriche in foro (Standard Penetration Test) ogni 3m, esecuzione di prove Lefranc, esecuzione di prove pressiometriche ed installazione di piezometri del tipo a tubo aperto;
- 17 sondaggi geognostici a distruzione di nucleo con registrazione in continuo dei parametri di perforazione (diagrafia), aventi profondità variabili tra 28 e 41m, con installazione di piezometri del tipo a tubo aperto per il monitoraggio della falda;
- 2 pozzi pilota (diametro rivestimento 275mm) realizzati per l'esecuzione delle prove di pompaggio, aventi profondità di 40m.

Le prove di laboratorio effettuate hanno permesso di determinare le caratteristiche fisiche (contenuto d'acqua, densità totale, grado di saturazione, densità del terreno secco, peso specifico dei grani, indice dei vuoti, porosità), il fuso granulometrico e i limiti di plasticità, nonché valutare le caratteristiche di resistenza e deformabilità (prove edometriche e prove triassiali) dei terreni.

Al fine di caratterizzare i terreni per fornire parametri utili all'individuazione della più appropriata tecnologia di scavo, sono state eseguite anche prove di laboratorio sui ciottoli, mirate alla determinazione delle caratteristiche mineralogiche e petrografiche, di abrasività, durezza, perforabilità e di resistenza meccanica degli elementi di maggiori dimensioni campionati durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio.

I risultati ottenuti hanno permesso di ricostruire, per il progetto della Metropolitana, Linea 1, una ideale verticale del terreno, nella quale si sono distinte 6 unità geotecniche. Nell'ambito del presente progetto si ritrovano, per ora, le unità 1, 2 e 6. Nel prosieguo sarà descritto l'iter progettuale, tuttavia si è valutata l'opportunità di mantenere tale suddivisione e le relative caratteristiche per non perdere informazioni, in questa fase, rinviando al Progetto Definitivo, l'opportuna omogeneizzazione di tutti i dati in nostro possesso. Nella tabella seguente è riportato il confronto tra le unità geotecniche individuate per la caratterizzazione geotecnica della Metropolitana di Torino e quelle riconosciute, allo stato attuale, per il nuovo Palazzo della Regione Piemonte.

Unità geotecnica: descrizione	Metropolitana Torino	Nuovo Palazzo Regione Piemonte
Unità 1: terreno superficiale (riporto e/o limo sabbioso argilloso)	X	X
Unità 2: ghiaie e sabbie da sciolte a debolmente cementate	X	X
Unità 3: ghiaie e sabbie con cementazione da debole a media	X	-
Unità 4: ghiaie e sabbie con cementazione da media ad elevata	X	-
Unità 5: limi argilloso-sabbioso-ghiaiosi	X	-
Unità 6: limi sabbiosi debolmente argillosi	X	X

5.2.1 Caratteristiche fisiche del terreno

I risultati delle analisi granulometriche, eseguite sui campioni provenienti dai sondaggi a carotaggio realizzati in occasione della campagna di indagini geognostiche realizzate per l'ipotesi di tracciato lungo Via Madama Cristina, unitamente ai campioni prelevati durante le campagne di indagini integrative del 2003 e 2004, per le successive ipotesi di tracciato lungo Via Nizza, mostrano che:

- nel suo insieme (trascuando il terreno di riporto) il terreno risulta eterogeneo ed è caratterizzato dalla presenza di tutte le frazioni granulometriche, con la netta prevalenza di quelle grossolane. Secondo la classificazione USCS i terreni ricadono nei gruppi G (ghiaia), S (sabbie) ed, in minor misura, M (limi);
- l'indice di plasticità relativo ai campioni di terreno con frazione fine compresa tra il 20% e il 50% è compreso tra 0.5 e 10.4 (materiale da non plastico a poco plastico);
- l'indice di plasticità, relativo ai campioni di terreno coesivo, è compreso tra 1.1 e 7.1 (materiale da non plastico a poco plastico).

Nella figura 5.4 sono rappresentate le curve granulometriche dei campioni prelevati dai sondaggi effettuati lungo la tratta oggetto di questa relazione, compresi i campioni pertinenti le unità Villafranchiano e Pliocene, dalle caratteristiche sabbioso-limoso-argillose.

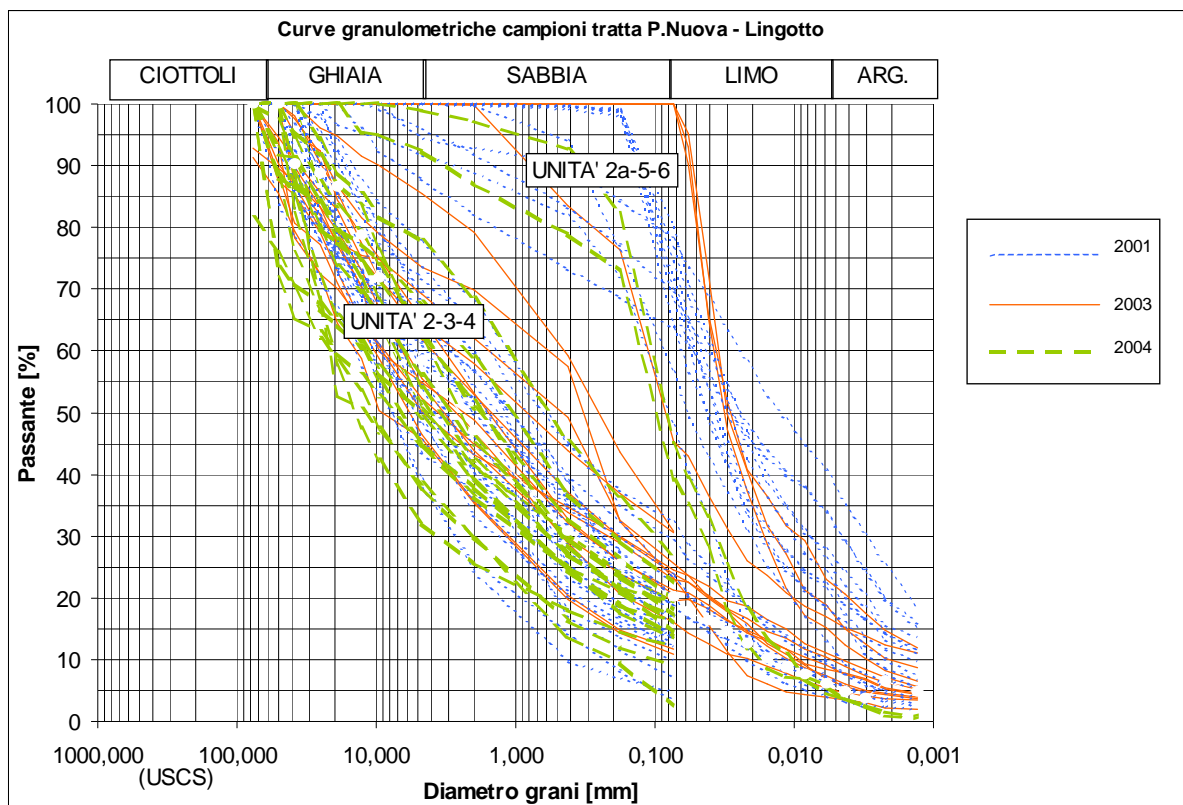


Figura 5.4 – Curve granulometriche relative ai campioni (di materiale non coesivo e coesivo) prelevati nella tratta P.Nuova-Lingotto in occasione delle campagne geognostiche 2001, 2003 e 2004 (campionamento esclusivamente da sondaggio).

Essendo tutti campioni provenienti da sondaggi a carotaggio è evidente che le curve granulometriche sono rappresentative della parte meno grossolana (ciottoli < 10 cm circa); la parte più grossolana viene infatti persa in quanto di dimensioni maggiori rispetto al diametro del carotaggio. Per quanto concerne, invece, la presenza di materiali fini, il grafico di figura 5.4 illustra come la frazione limoso-argillosa vari da quasi assente (<5%) a presente in percentuale intorno al 30%.

Ai fini della descrizione e corretta caratterizzazione del materiale nel suo complesso, si è inoltre tenuto conto anche di quanto rilevato durante il corso d'opera della Tratta 1 relativamente alle analisi granulometriche effettuate su macrocampioni.

E' stato quindi effettuato il confronto tra i campioni di materiale relativo alle unità geotecniche 2, 3 e 4, costituiti da ghiaia con sabbia e diversa percentuale di frazione fine, prelevati nei sondaggi realizzati nelle Tratte 1 e 2. I campioni sottoposti ad analisi per la Tratta 2 (relativamente alle diverse varianti plano-altimetriche) risultano in totale 88 (prelevati a

profondità variabili tra 7,5 e 47m da p.c.); per quanto riguarda la Tratta 1 i campioni prelevati durante le campagne di indagini geognostiche e sottoposti ad analisi sono in totale 27 (prelevati a profondità variabili tra 6 e 45m da p.c.).

I due fusi granulometrici di cui sopra sono infine stati messi a confronto con i fusi granulometrici ricavati dalle analisi condotte sui macrocampioni prelevati durante la realizzazione delle opere (stazioni e galleria con TBM) della tratta di galleria compresa tra Stazione Paradiso e Stazione Porta Nuova (per un totale di 112 campioni prelevati).

I risultati di tale confronto sono riportati nella figura 5.5, dove sono tracciati i fusi granulometrici, relativi alle unità 2-3-4, per le Tratte 1 e 2.

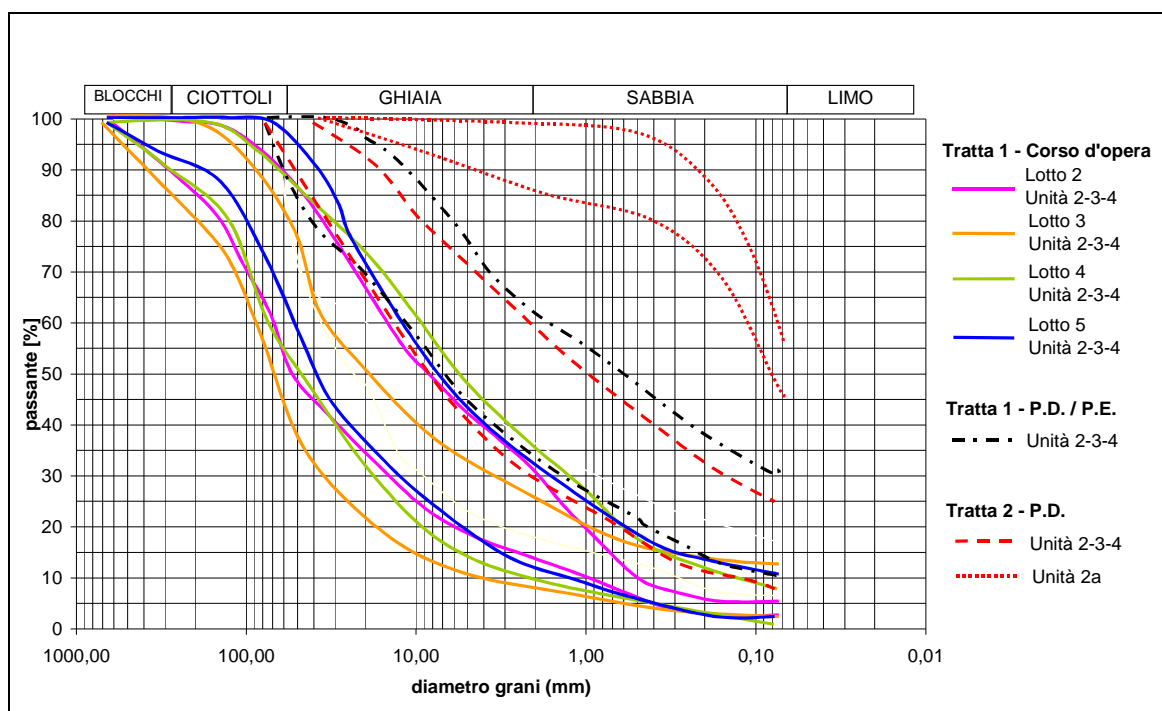


Figura 5.5 – Fusi granulometrici relativi ai campioni delle unità 2, 2a, 3 e 4 prelevati durante il corso d’opera della tratta 1 Collegno-P.Nuova (stazioni e pozzi dei lotti 2, 3, 4 e 5) e in occasione delle campagne geognostiche dei Progetti Definitivo ed Esecutivo delle Tratte 1 e 2.

Dall’analisi del grafico si evidenziano variazioni legate al tipo di campionamento (macrocampioni e campioni da sondaggio a carotaggio), in quanto nel campionamento da sondaggio è risultata in genere essere sottostimata la percentuale di materiale più grossolano e sovrastimata la presenza di fine rispetto alla reale granulometria del terreno.

L’esperienza acquisita durante l’esecuzione dei lavori della prima tratta funzionale, ha confermato la presenza di un terreno granulometricamente molto variabile, in particolare a scala di dettaglio. L’esame delle analisi granulometriche, effettuate sui macrocampioni prelevati nella tratta Collegno-Porta Nuova, ha consentito di verificare come i campioni delle

unità 2-3-4 siano esclusivamente costituiti da ghiaia e sabbia con una bassa percentuale di materiale fine (il passante al setaccio a maglia 0.074mm raggiunge al massimo il 10%).

Il prelievo di macrocampioni dalle opere realizzate nei lotti in corso di realizzazione della Tratta 1 (stazioni e galleria con TBM) ha quindi consentito di accertare la granulometria “reale” dei terreni, permettendo di “tarare” indirettamente anche le granulometrie ottenute dai campioni prelevati dai sondaggi della Tratta 2 (stante il fatto che la linea in tale tratta è per la maggior parte immersa al di sotto della falda rendendo difficoltosa la realizzazione di pozzi geognostici).

5.2.2 Individuazione e descrizione delle unità geotecniche

La suddivisione tra le varie unità geotecniche è stata attuata, in prima istanza, differenziando i terreni non coesivi a granulometria prevalente grossolana (ghiaie e sabbie limose a differente grado di cementazione) dai terreni coesivi a granulometria prevalente fine (limi sabbiosi e limi argillosi). Successivamente, per quanto riguarda i terreni non coesivi, si è proceduto ad un'ulteriore suddivisione in funzione del diverso grado di cementazione. Va sin da ora anticipato che le unità 2, 3 e 4, costituite da ghiaie e sabbie con cementazione da assente ad elevata, si differenziano essenzialmente in base al grado di cementazione e/o addensamento, variabile da assente ad elevato, definito anche sulla base della valutazione degli intervalli caratteristici di energia specifica, presentati nel paragrafo 5.2.2., ai quali corrispondono differenti gradi percentuali di cementazione, secondo quanto riepilogato nel seguito:

Tabella 5.4 – Intervalli di Es e C% per le unità geotecniche 2-3-4.

Unità	Es (MJ/m ³)	C%
2	70-140	0-25
3	140-210	25-50
4	210-280	50-75

Per la caratterizzazione geotecnica di queste unità si è fatto riferimento alla metodologia già adottata dai progettisti geotecnici in occasione della progettazione della prima tratta funzionale, i cui punti salienti sono sintetizzati nel seguito:

- elaborazione dei risultati delle indagini a disposizione per il riconoscimento, in termini generali, delle unità geotecniche lungo il tracciato;
- interpretazione dei parametri di perforazione a distruzione (in particolare dell'energia specifica), in termini di percentuale di cementazione che caratterizza ciascuna unità individuata. Tale interpretazione si basa su valori soglia dell'energia specifica, definiti da esperienze precedenti sui terreni di Torino (Passante Ferroviario-2° lotto) e verificati dalla

taratura ottenuta con il confronto tra le diagrafie di Es e la stratigrafia dei pozzi praticabili realizzati per la tratta Collegno-Torino P.N.;

- modellazione parametrica ad elementi finiti di prove di compressione monoassiale su campioni di materiale, variando opportunamente il grado globale di cementazione del campione tra 0% e 100%; a taratura del modello sono stati considerati i risultati delle prove eseguite in laboratorio e in sito;
- regressione dei risultati della modellazione ad elementi finiti per ricavare l'involuppo di rottura proprio dei terreni di Torino, secondo quanto suggerito dalla letteratura (Papantonopoulos & Atmatzidis, 1993) e per determinare i parametri di deformabilità, variabili in funzione della percentuale di cementazione. Gli involuppi di rottura individuati sono stati approssimati a un criterio lineare in corrispondenza di un livello tensionale rappresentativo lungo la linea (profondità media 20m) pari a 0.4MPa;

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche e granulometriche, comuni alle tre unità nel loro insieme, si è fatto riferimento alle prove eseguite sui campioni rimaneggiati, ottenendo i risultati riepilogati nella seguente tabella 5.5.

Tabella 5.5 – Caratteristiche fisiche e granulometriche delle unità 2-3-4.

Caratteristiche	Media	Dev. Stand.	Min.	Max.
Ghiaia [%]	53.7	11.6	20.8	75.8
Sabbia [%]	28.9	7.7	13.3	48.4
Limo e Argilla [%]	17.4	6.3	2.7	32.3
Limite liquido WL	19.5	2.0	17.3	24.1
Limite plastico WP	16.4	2.7	12.6	21.6
Indice plastico IP	2.6	2.7	0.5	10.4

I parametri WL, WP e IP sono stati ricavati per la frazione granulometrica passante al setaccio di apertura 4.76 mm.

Unità 1 – Terrreno superficiale

Rappresenta l'orizzonte superiore del profilo stratigrafico ed è stata ritrovata in tutte le verticali di indagine. Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica di questa unità, di limitata rilevanza ai fini della realizzazione dell'opera, si è fatto riferimento ai risultati delle prove Nspt

Dal punto di vista granulometrico tale unità presenta una notevole eterogeneità, essendo composta da limi sabbioso-argillosi, limi e limi argillosi, sabbie con ghiaie, inglobanti materiali di origine antropica quali frammenti di laterizi e calcestruzzo.

I valori ottenuti per i parametri di resistenza dell'Unità 1 sono del tutto analoghi a quelli ricavati in corrispondenza della prima tratta funzionale (Collegno-Porta Nuova).

Unità 2 - Ghiaia e sabbia da sciolta a debolmente cementata

Questa unità è caratterizzata da una distribuzione spaziale discontinua sia in senso orizzontale che verticale. Granulometricamente rappresentata da ghiaie e sabbie, con frazione limosa variabile, non cementate o debolmente cementate con locale presenza di ciottoli di dimensione pluridecimetrica, questa unità si ritrova lungo l'intera estesa del tracciato, in misura comunque predominante tra Stazione Molinette e Stazione Lingotto. Sono presenti livelli di potenza decimetrica di ghiaia pressoché priva di matrice sabbioso limosa.

Nei sondaggi è stata descritta in base alla presenza, sui singoli clasti, di tracce di materiale fine cementato; a queste corrisponde, in termini di energia specifica, un valore compreso tra 70 e 140MJ/m³ ed una percentuale di cementazione compresa nell'intervallo 0-25%.

Dall'elaborazione dei dati di Nspt si desumono i valori delle caratteristiche meccaniche riportati in tabella 5.6. I valori a rifiuto non sono stati presi in considerazione ai fini della determinazione dei parametri di seguito presentati.

Tabella 5.6 – Risultati dell'elaborazione dei dati di Nspt.

	SPT	Densità relativa		Angolo di attrito		Modulo di Young	
		Skempton, 1986	Yoshida, 1988	Japanese National Railway (Shioi e Fukui, 1982)	Schmertman, 1977	D'Apollonia et al., 1970	Jamiolkowski et al., 1988
	Nspt	Dr [%]	Dr [%]	ϕ' [°]	ϕ' [°]	E [MPa]	E _{25'} [MPa]
media	53	68	66	43	39	59	38
min-max	14-83	35-96	40-95	31-52	35-43	29-81	13-58

Unità 2a - Limo e sabbia debolmente argilloso

Questa unità caratterizza i livelli francamente limoso-sabbiosi presenti all'interno dell'unità 2, con spessori significativi ($\geq 5m$) ed è stata individuata in corrispondenza delle stazioni Nizza e tra le Stazioni Spezia e Lingotto, con una persistenza, in termini di lunghezza rispetto alla lunghezza della galleria di circa il 5%. L'unità si ritrova a stazione Nizza dove occupa circa metà della sezione di scavo della galleria con uno spessore di circa 3-4m; la si ritrova poi a valle di Stazione Spezia, con spessori di 2-3m al di sopra della calotta della galleria.

Come anticipato, tale unità è costituita da materiale a granulometria medio-fine, da debolmente a mediamente addensato, con colore variabile da grigio a marrone.

La sintesi delle caratteristiche fisiche è riportata in tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Caratteristiche fisiche e granulometriche dell'unità 2a.

Caratteristiche fisiche	Intervallo caratteristico
% Ghiaia	0-13
% Sabbia	0-55
% Limo+Argilla	39-100
Limite liquido WL	22.7-31
Limite plastico WP	18.9-25.7

In corrispondenza di tale unità sono state effettuate 9 prove penetrometriche standard, utilizzate per la stima dei parametri di resistenza, riportati in tabella 5.9.

Tabella 5.9 - Valori statistici delle misure di N_{spt} e loro interpretazione.

Valori	SPT	Densità relativa	Angolo di attrito	Modulo di Young
		Skempton 1986	Road Bridge Specification	Schultze e Menzenbach, in Bowles (1991)
	N _{spt}	D _r [%]	φ' [°]	E [MPa]
Media	11	30	24	13
Min-Max	2-31	16-53	20-31	8-23

Il valore stimato della densità relativa D_r, pari mediamente al 30%, indica che il deposito è definibile mediamente addensato secondo la classificazione di Terzaghi basata sui valori di N_{spt}.

I valori ottenuti dai limiti di Atterberg mostrano come tali materiali siano definibili come poco plastici (I_p pari a circa 5) e non siano caratterizzati da tendenza al comportamento coloso.

Unità 3 - Ghiaia e sabbia con cementazione da debole a media

Questa unità è presente a un livello più superficiale nella prima parte del tracciato. In profondità la si ritrova a partire dalla Stazione Marconi fino a Spezia.

Nei sondaggi viene identificata sulla base della presenza di una patina carbonatica diffusa sui clasti; nelle diagrafie questa unità è segnalata da valori di E_s compresi nell'intervallo 140-210MJ/m³ (cementazione in tracce-diffusa), cui corrisponde una percentuale di cementazione C_% tra 25 e 50%.

Granulometricamente sono presenti ghiaie e sabbie con una componente limosa variabile da assente, in alcuni livelli di spessore decimetrico, a presente in percentuali massime misurate del 32%. E' da segnalare, inoltre, la possibile presenza di trovanti.

Dall'elaborazione dei dati di Nspt si è ottenuto un valore medio di 64 con un intervallo di minimo e massimo pari a 28-90. Poichè l'unità 3 è caratterizzata dalla presenza non trascurabile di livelli cementati, le misure di Nspt sono state trattate solo come verifica delle scelte intraprese e non è sembrato opportuno utilizzarle per ricavare informazioni sulle caratteristiche geotecniche dell'unità stessa.

Unità 4 - Ghiaia e sabbia con cementazione da media a elevata

Il materiale appartenente a tale unità (ghiaie e sabbie limose con la presenza di trovanti e ciottoli, con cementazione da media ad elevata) è presente, in maniera continua, a partire dall'inizio della tratta funzionale fino a poco oltre stazione Marconi. La sua presenza decresce procedendo verso la fine della tratta.

Nei sondaggi la presenza di questa unità veniva evidenziata dall'estrazione di materiale "bruciato" e ridotto in polvere; nelle diagrafie sono stati calcolati valori di Es generalmente compresi tra 210 e 280MJ/m³, con punte superiori. A questi valori di Es corrisponde, secondo quanto esposto precedentemente, una percentuale di cementazione C_% compresa generalmente tra 50 e 75% (cementazione da diffusa ad elevata) con locali superamenti di tale soglia.

Dall'elaborazione dei dati di Nspt si è ottenuto un valore medio di 73 con un intervallo di minimo e massimo pari a 59-81. Analogamente all'unità precedente, i valori di Nspt non sono stati utilizzati per la caratterizzazione della presente unità.

Unità 5 - Limo argilloso-sabbioso-ghiaioso

Il materiale che caratterizza questa unità è granulometricamente classificabile come limo argilloso-sabbioso debolmente ghiaioso; l'esame dei campioni ricavati dal sondaggio a carotaggio S31 ha permesso di rilevare come tale materiale assuma caratteristiche granulometriche diverse, presentando una frazione ghiaiosa abbastanza significativa ed una maggiore presenza di argilla rispetto ai suddetti limi sabbiosi; il colore marrone chiaro di questo materiale si differenzia, inoltre, nettamente da quello degli altri campioni di natura limoso-sabbiosa prelevati in altri sondaggi.

In tabella 5.11 sono riportate le caratteristiche fisiche e granulometriche relative all'unità 5 mentre nella figura 5.6 è raffigurata la carta di plasticità di Casagrande.

Tabella 5.11 - Caratteristiche fisiche dell'unità 5.

Caratteristiche	Min	Max
% Ghiaia	7.09	17.76
% Sabbia	14.80	22.58
% Limo	43.46	52.83
% Argilla	19.64	25.28
γ_d [kN/m ³]	16.00	19.20
γ_n [kN/m ³]	19.10	21.40
w _n [%]	15.06	19.59
n [%]	37.64	37.64
e	0.60	0.60
Limite liquido W _P	5.09	9.22
Limite plastico W _L	33.76	37.83
Indice plastico IP [%]	28.61	29.42
G _s	83.10	83.10

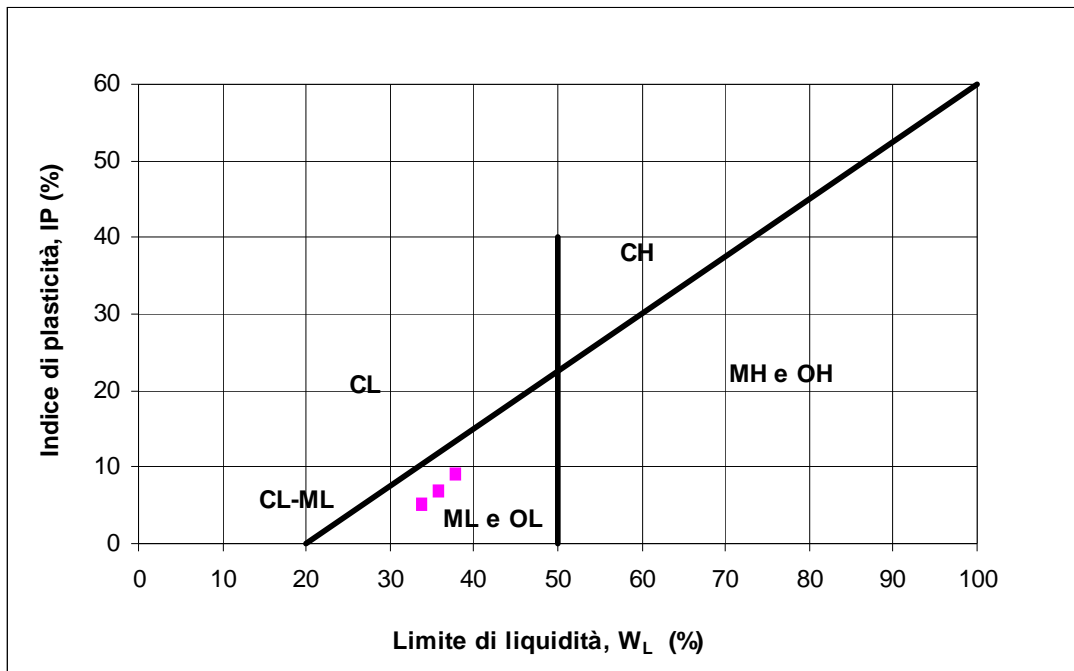


Figura 5.6 - Carta di plasticità con valori relativi all'unità 5.

Per la caratterizzazione di questa unità, su tre campioni indisturbati sono state effettuate prove di laboratorio. In particolare sono state effettuate due prove triassiali (una del tipo CU e una del tipo UU) e una prova edometrica.

In tabella 5.12 sono riportati i valori dei parametri di resistenza meccanica ottenuti da tali prove.

Tabella 5.12 – Parametri di resistenza al taglio per l'unità 5, ottenuti da prove triassiali.

Triassiale di tipo CU		Triassiale tipo UU
c' [kPa]	ϕ' [°]	cu [kPa]
43	19	110

Unità 6 - Limi sabbiosi debolmente argillosi

Il materiale appartenente a tale unità è granulometricamente classificabile come limo sabbioso a tratti argilloso.

La natura prevalentemente limosa è testimoniata dai bassi indici di plasticità IP, che fanno classificare il materiale come non plastico o poco plastico. La consistenza dell'unità è dimostrata dai valori dell'indice di consistenza maggiori di 1, che ne fanno definire lo stato fisico come semisolido.

La sintesi delle caratteristiche fisiche e granulometriche è riportata in tabella 5.13 mentre nella figura 5.7 è raffigurata la carta di plasticità di Casagrande.

Tabella 5.13 - Caratteristiche fisiche e granulometriche dell'unità 6.

Caratteristiche fisiche	Min	Max
% Ghiaia	0.00	0.25
% Sabbia	23.04	35.69
% Limo	55.43	62.46
% Argilla	8.63	15.62
γ_d [kN/m ³]	14.80	19.15
γ_n [kN/m ³]	18.10	22.00
w _n [%]	17.65	22.68
N [%]	35.39	43.05
e	0.55	0.76
Limite liquido W _L [%]	24.48	37.69
Limite plastico W _P [%]	22.66	30.63
Indice plastico IP [%]	1.10	7.06
Indice consistenza IC [%]	1.50	8.55
Peso specifico dei grani	2.58	2.61

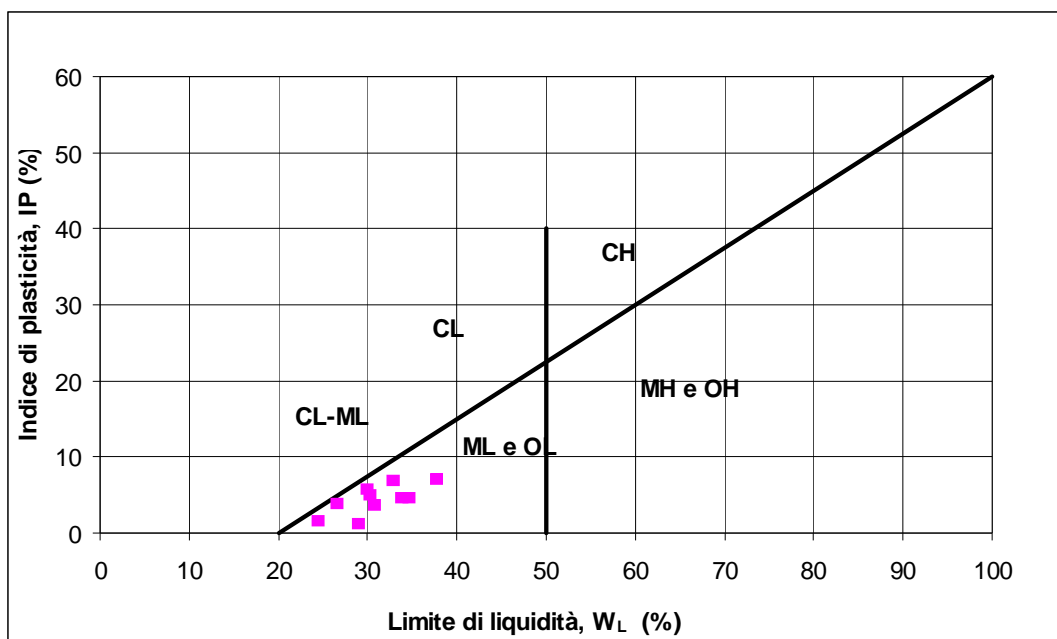


Figura 5.7 - Carta della plasticità con valori relativi all'unità 6.

All'interno dell'unità 6, nei fori di sondaggio eseguiti nella fase di aggiornamento della progettazione definitiva della Metropolitana di Torino- Linea 1 e posizionati lungo il tracciato della galleria, sono state condotte alcune prove pressiometriche.

I valori delle grandezze geotecniche risultanti dall'elaborazione dei dati sono riassunti in tabella 5.14.

Tabella 5.14 - Risultati delle prove pressiometriche condotte all'interno dell'unità 6 e loro interpretazione.

Sondaggio di prova	Pressione limite [MPa]	Modulo pressiometrico [MPa]	Modulo di Young [MPa]
S32	25.97	86.11	129.16
S34	9.5	33.98	50.97

Data la natura fine del materiale i parametri ricavati sono da considerare non drenati.

In tabella 5.15 è riportata una sintesi dei valori ricavati dalle prove triassiali.

Tabella 5.15 – Parametri di resistenza al taglio per l'unità 6, ottenuti da prove triassiali.

Variabili statistiche	Triassiale di tipo CU		Triassiale tipo CD		Triassiale tipo UU
	c' [kPa]	ϕ' [°]	c' [kPa]	ϕ' [°]	cu [kPa]
Min	51.60	29.50	-	-	105
Media	53.83	33.93	36.4	35.9	240
Max	56.00	37.80	-	-	320

5.2.3 Sintesi della caratterizzazione geotecnica

Nel complesso i terreni interessati dalle indagini svolte, presentate nelle pagine precedenti, appartengono a depositi di natura continentale con granulometria variabile. La cementazione si presenta perlopiù con disomogenea distribuzione verticale e scarsa continuità orizzontale, in accordo alla genesi stessa del fenomeno. Da un punto di vista granulometrico, i depositi mostrano repentine variazioni a scala di dettaglio, che a macro-scala vengono invece parzialmente a perdere significato.

Indipendentemente dallo stato di addensamento, i terreni in esame possono essere classificati in funzione del loro grado di cementazione, parametro che ha notevole influenza sul comportamento meccanico, tanto a livello di resistenza che di deformabilità. Non solo, la presenza di cementazione condiziona la scelta della metodologia di scavo, degli eventuali interventi di consolidamento e la definizione dei parametri geotecnici del terreno, insieme alle caratteristiche granulometriche.

Sarebbe ragionevole descrivere le unità geotecniche riconosciute in termini di un volume rappresentativo dello stesso terreno in funzione del grado di cementazione e quindi anche del livello di energia specifica corrispondente, mentre in questa fase, risulta difficile evidenziare differenze granulometriche significative tra le unità.

Per quanto attiene i parametri di resistenza e deformabilità delle unità geotecniche sono riportati i valori, in funzione delle tensioni σ_3 e σ_n , dei parametri di resistenza c' e ϕ' , nonché del modulo di deformabilità E_d , valutato indipendentemente dallo stato tensionale.

Per quanto attiene i parametri di resistenza e deformabilità delle unità geotecniche sono riportati i valori, in funzione delle tensioni σ_3 e σ_n , dei parametri di resistenza c' e ϕ' , nonché del modulo di deformabilità E_d , valutato indipendentemente dallo stato tensionale.

Con riferimento alla caratterizzazione geotecnica sopra descritta, nella tabella 5.16 sono riportati i parametri di resistenza in termini di coesione c' e angolo di attrito ϕ' , nonché di deformabilità E' , per le diverse unità geotecniche.

Tabella 5.16 - Parametri di resistenza e deformabilità per le unità geotecniche.

Unità e descrizione	γ_n [kN/m³]	E' [MPa]	ν [-]	ϕ' [°]	c' [kPa]	cu [kPa]
Unità 1: terreno superficiale (riporto e/o limo sabbioso argilloso)	17-19	8-17	0.20-0.30	30-38	0	-
Unità 2: ghiaie e sabbie da sciolte a debolmente cementate	18-21	150-170	0.30-0.40	35-37	0-20	-
Sottounità 2a: limi e sabbie debolmente argillosi	18-20	5-15	0.30-0.35	28-30	5-15	50-80
Unità 3: ghiaie e sabbie con cementazione da debole a media	19-22	170-200	0.30-0.40	35-37	20-50	-
Unità 4: ghiaie e sabbie con cementazione da media ad elevata	19-22	200-260	0.30-0.40	36-42	50-140	-
Unità 5: limi argilloso-sabbioso-ghiaiosi	19-21	50-100	0.30-0.35	20-25	40-45	100-150
Unità 6: limi sabbiosi debolmente argillosi	18-20	60-120	0.30-0.35	27-36	25-35	100-300

*quelle evidenziate sono le unità geotecniche riconosciute, allo stato attuale, per l'area interessata dalle opere del Palazzo Regione Piemonte

6 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

La presente relazione tratta le opere di pertinenza del Lotto 3, ovvero il Palazzo della Regione per la Giunta e gli Uffici, il Centro Servizi/Congressi a fianco del Palazzo, il complesso dei parcheggi interrati, i locali tecnici a servizio delle varie funzioni.

6.1 Geologia e geotecnica per le opere in progetto

L'esame approfondito delle stratigrafie reperite nell'area di sviluppo del Progetto Preliminare ed in aree immediatamente adiacenti ad essa, ha permesso di delineare il seguente assetto geologico-stratigrafico dell'area (cfr. Tavola 5 in Allegato 1), da p.c. in profondità:

Terreni di riporto (Unità 1): tali terreni hanno una granulometria variabile da una sabbia debolmente limosa ad una ghiaia debolmente sabbiosa (condizione prevalente) con ciottoli e inglobati frammenti di laterizi e materiali vari di riempimento. Sono stati segnalati localmente (cfr. Relazione di Progetto Definitivo di bonifica, Studio Tesi) frammenti di lavorazione delle attività dell'ex area industriale. Lo spessore di questi terreni varia da pochi decimetri ad un massimo di 6m di profondità dal piano campagna, variabile in quest'area, intorno alla quota 234m÷235m s.l.m.

Sabbie ghiaiose, ghiaie sabbiose e ghiaie sabbioso-limose con ciottoli (Unità 2): questi terreni sono riferibili ai depositi fluviali e fluvioglaciali rissiani (Quaternario). Tali depositi sono costituiti da classi grossolane prevalenti. Sono tuttavia presenti livelli a granulometria fine (sabbia fine limosa, limo sabbioso), generalmente di spessore inferiore al metro, localizzate in profondità del deposito (indicativamente tra 20 e 40m da p.c.). Sono inoltre presenti sporadiche lenti di materiale cementato, il cui grado di cementazione può arrivare ad essere molto elevato (livelli da centimetrici a metrici di conglomerato).

Il limite inferiore di questi depositi è, dalle prime risultanze delle indagini geognostiche in corso e da quelle condotte per lo studio di bonifica, valutato a circa -38m ÷ -40m da p.c.

Lo spessore di questi depositi varia dunque, in relazione allo spessore dello strato soprastante di riporto, da un minimo di 32m a circa un massimo di 39m.

Dal punto di vista geotecnico le caratteristiche di questi terreni sono assimilabili, in via preliminare, a quelle dell'unità 2, descritta al paragrafo 5.2.

Limo sabbioso debolmente argilloso grigio (Unità 6): questi depositi di ambiente marino di età pliocenica sono stati rinvenuti ad una quota simile a quella indicata per l'area ex-Fiat Avio nei sondaggi (serie SP1-3) eseguiti poco più a nord nell'area del Lingotto, ossia valutato a circa -38m ÷ -40m da p.c.. Il loro spessore, dalle indagini eseguite nell'area, non è valutabile. Dal punto di vista geotecnico le caratteristiche di questi terreni sono assimilabili, in via preliminare, a quelle dell'unità 6, descritta al paragrafo 5.2.



- 10÷15 m da p.c.



- 15÷20 m da p.c.



- 20÷25 m da p.c.



- 25÷30 m da p.c.



- 30÷35 m da p.c.



- 35÷40 m da p.c.

Figura 6.1 : Sondaggio ST15 (Campagna indagini geognostiche 2007) – Unità 2

6.2 Idrogeologia

I terreni ghiaioso-sabbiosi riferibili ai depositi fluviali e fluvioglaciali rissiani sono sede di un acquifero freatico. I dati di soggiacenza misurati di recente nei sondaggi in via di esecuzione confermano il quadro delineato dalle letture eseguite nei piezometri installati per il Progetto Definitivo dell'intervento di bonifica (cfr. bonifica area ex-FIAT AVIO) ed unitamente ai dati del monitoraggio sui piezometri installati per la progettazione della Linea 1 della metropolitana hanno permesso di ricostruire il pannello piezometrico della falda superficiale.

Tale ricostruzione ha preso in considerazione una porzione di territorio più estesa dell'area interessata dal Piano in quanto necessaria per definire la direzione media di deflusso sotterraneo ed inoltre, all'atto pratico, avendo dovuto interpolare punti di misura localizzati su una più vasta area.

I dati reperiti sono relativi ad un intervallo temporale che varia dal 2004-2005 (monitoraggio per la progettazione della linea 1 della metropolitana e Progetto Definitivo dell'intervento di bonifica dell'area ex-FIAT AVIO) e la data di redazione della presente Relazione. La scelta dei dati da interpolare è stata fatta cercando di utilizzare dati relativi allo stesso periodo (autunno-inverno) in modo da evidenziare uno scenario prossimo ai livelli massimi relativi al periodo (anni 2004-2006). I dati a disposizione non permettono di valutare univocamente il livello di falda massimo possibile, tuttavia rappresentano uno scenario di partenza sul quale valutare possibili incrementi differenziali in ragione del tipo di opera e di eventuali dati integrativi che saranno acquisiti nelle successive fasi progettuali.

L'esame dei risultati forniti dai modelli numerici eseguiti per valutare l'interferenza con la falda della realizzazione delle opere connesse al prolungamento Porta Nuova – Lingotto della linea 1 della metropolitana (cfr. *Ricci, G. et al., 2007, cfr. Allegato 4*) permettono di stimare in +0.2m l'innalzamento del livello piezometrico a monte della galleria di linea e in circa +1.0m quello in corrispondenza delle stazioni profonde, escludendo quindi interferenze a livello delle opere oggetto della presente relazione.

Il pannello piezometrico è riportato nella Tavola 4 (Allegato 1). La superficie piezometrica è ubicata ad una profondità dal p.c. di circa -14.5m ÷ -15.0m da p.c. in quote assolute, a circa 220m s.l.m., relativamente all'area oggetto del Progetto. La direzione media di flusso idrico sotterraneo è orientata da ovest verso est ed il gradiente idraulico medio è pari a 0.4%.

La temperatura dell'acqua monitorata nel periodo novembre 2001-febbraio 2002 nel piezometro S31 ubicato in C.so Marconi ang Via Madama Cristina relativamente al monitoraggio della falda per la Metropolitana di Torino ha mostrato una temperatura media di 15.7 °C. Le variazioni registrate nell'ambito del periodo considerato oscillano nell'intervallo 15.6-16.5 °C.

Misure puntuali eseguite nell'ottobre 2001 in pozzi e piezometri ubicati lungo l'asse di via Nizza (es. pozzo P1 in C.so Spezia e piezometro S38 in Via Nizza 277, confermano il dato precedente con valori di temperatura compresi tra 15,3 e 16,9 °C.

6.2.1 Valutazione della potenzialità di emungimento dell'acquifero superficiale

L'acquifero superficiale presente nell'area di progetto ha le stesse caratteristiche riscontrate in buona parte del territorio urbano di Torino. Tale acquifero è stato investigato in dettaglio nell'ambito del progetto della Linea 1 - Tratta 2 della Metropolitana di Torino, in aree limitrofe a quella di progetto, tramite due prove di pompaggio a lunga durata (C.so Marconi e P.zza Bozzolo) nelle quali sono state emunte portate rispettivamente di 67l/s e 59l/s da un singolo pozzo. Gli abbassamenti registrati a regime (livello dinamico stabilizzato) sono stati di 3.8m e 2m all'interno del pozzo di emungimento. E' stata inoltre eseguita una prova di pompaggio a lunga durata nell'ambito del progetto di bonifica dell'area (Progetto Studio Tedesi), che ha fornito valori di permeabilità paragonabili a quelli valutati per il progetto della metropolitana ($k=1.6E-03m/s$).

I parametri peculiari della falda di Torino ($k=1E-04 - 1E-03 m/s$, spessore dell'acquifero 20-25m) permettono l'emungimento previsto da progetto (ca 100÷120l/s) distribuito su n.4÷6 pozzi senza causare alcun depauperamento irreversibile dell'acquifero. Occorre segnalare che il campo pozzi previsto comprende, inoltre, due pozzi di restituzione che permettono l'infiltrazione delle acque estratte ed utilizzate, mitigando ulteriormente il temporaneo e localizzato impatto creato dal campo pozzi stesso.

6.2.2 Valutazione dell'effetto di abbassamento dinamico della superficie piezometrica prodotto dai pozzi degli impianti tecnici

La collocazione degli impianti tecnici prevede n.4 pozzi di produzione e n.2 di restituzione. L'allineamento dei pozzi è orientato da est verso ovest su entrambi i lati maggiori del Parcheggio Pubblico (Lotto 2). I 4 pozzi di produzione sono posti al margine est dell'area ad una distanza minima tra loro (pozzi dallo stesso lato) di circa 36m. I 2 pozzi di restituzione sono messi di seguito, procedendo da est verso ovest, ad una distanza di 46m. La distanza tra i pozzi di restituzione e lo spigolo del Palazzo della Regione è di circa 82m, mentre dal più vicino pozzo di emungimento al Palazzo della Regione ci sono circa 128m. Prendendo in considerazione la geometria più sfavorevole (punto di mezzo tra due pozzi di emungimento contemporaneo) l'abbassamento può essere valutato tramite l'equazione di Dupuit valida per il regime stabilizzato. Tale valutazione evidenzia un abbassamento nel punto di mezzo di circa 5.4m (distanza tra i due pozzi di 18m, $k=1E-04m/s$, spessore acquifero 24,7m, portata 25l/s).

Tuttavia, data la geometria dei pozzi (i n.4 pozzi di emungimento posti in posizione più distante rispetto a quelli di infiltrazione) l'abbassamento del livello di falda ed i cedimenti relativi per questo fenomeno, nell'area di fondazione del Palazzo della Regione, sono praticamente nulli in quanto:

- la distanza è di circa 128m dal punto di pompaggio più vicino. Utilizzando le formulazioni analitiche sopra menzionate, l'abbassamento calcolabile è di pochi centimetri
- tra i pozzi di emungimento e il Palazzo della Regione ci sono i pozzi di restituzione che, infiltrando le acque utilizzate, annullano, in pratica, i pur minimi abbassamenti causati;

In relazione alle fondazioni dei fabbricati (parcheggio pubblico) posti in corrispondenza della zona di imposta dei pozzi, valutazioni effettuate mediante la soluzione di Dupuit, portano a stimare in circa 1cm il cedimento differenziale massimo, a seguito dell'azione del pompaggio.

6.3 Interazione delle opere in progetto con l'assetto geologico-geotecnico

Le opere comprese nel Progetto Preliminare sono relative a manufatti per uso pubblico (il Palazzo della Regione per la Giunta e gli Uffici, il Centro Servizi/Congressi a fianco del Palazzo, il complesso dei parcheggi interrati, i locali tecnici a servizio delle varie funzioni) le cui opere di fondazione, data l'elevazione dei manufatti (circa 220m per il Palazzo della Regione), saranno necessariamente spinte in profondità nel sottosuolo. Sono inoltre previsti altri manufatti ad uso commerciale e pubblico di elevazione inferiore.

Prendendo in considerazione le opere che interferiscono direttamente con i terreni del sottosuolo si evidenzia la presenza di aree di parcheggio privato e pubblico/privato spinte fino a due livelli interrati (piano carrabile a circa -8.25m da p.c.).

Sono inoltre previste due direttrici di viabilità in profondità, che raccordano il sottopasso del Lingotto con via Nizza tramite una rotatoria anch'essa in profondità. La profondità massima di questi collegamenti (piano viario) è di circa -7.20m da p.c. Le fondazioni di tali opere sono approfondite rispetto ai valori indicati di circa 1.5m.

Ne risulta quindi che tali opere interferiscono con i depositi ghiaioso sabbiosi dei depositi fluviali e fluvioglaciali rissiani (Quaternario), per i quali, allo stato attuale delle conoscenze, non si evidenziano particolari problemi di tipo fondazionale.

Il quadro idrogeologico delineato dai dati a disposizione, evidenzia che le opere scavate in profondità (in particolare le aree di parcheggio sotterraneo su 2 livelli) si avvicinano al livello di escursione massima della falda superficiale, con un franco residuo di circa 4-5m.

Sulla base di una valutazione preliminare è ragionevole ipotizzare che l'interferenza tra opere e falda, data la modesta profondità delle opere più profonde e la buona permeabilità

generale dei depositi, non possa causare fenomeni rilevanti di innalzamento del livello di falda in seguito a parziale ostruzione della sezione idraulica di deflusso.

6.4 Valutazioni preliminari del cedimento medio delle fondazioni

Si riporta di seguito la sintesi dei risultati di calcolo preliminari per la stima del cedimento medio delle fondazioni nel nuovo Palazzo della Regione. Tale valutazione è stata condotta già in questa fase per la particolare importanza dell'opera e, sebbene condotta con metodi già sofisticati (codici di calcolo ad elementi finiti bidimensionali), sarà realizzata in fase di Progetto Definitivo con modellizzazioni con codice di calcolo 3D che consentiranno una volta acquisito il quadro geologico e geotecnico di dettaglio una stima rigorosa dei cedimenti dell'edificio in oggetto, specie differenziali.

Questa modellizzazione con l'utilizzo di codici di calcolo 3D (FLAC ed ANSYS) consentirà di simulare le effettive condizioni di carico della fondazione in termini di distribuzione di forze e momento flettenti alla base dei pilastri.

Nella figura 6.2 si riporta il profilo del nuovo Palazzo della Regione, che prevede 47 piani (+2 interrati) per 220m d'altezza totale.

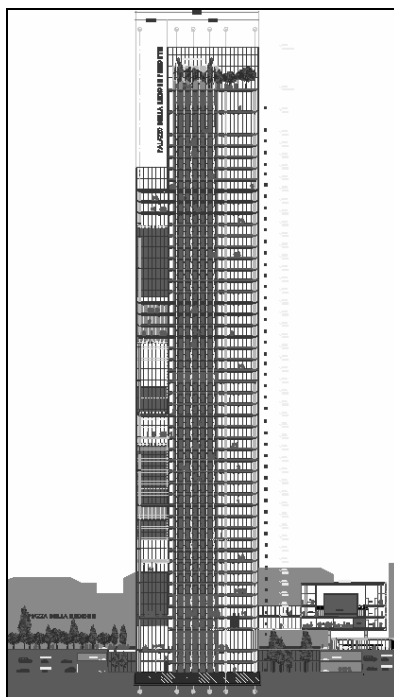


Figura 6.2. Profilo del nuovo Palazzo della Regione.

La figura 6.3 riporta la vista planimetrica (55x55 m) della platea dell'edificio con distribuzione di pilastri e setti. L'interasse tra i pilastri varia nell'intervallo 6.0÷10.5m.

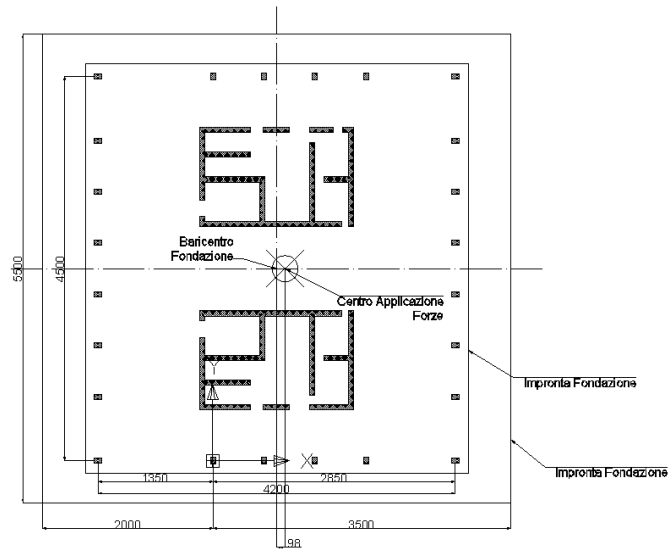


Figura 6.3. Pianta del nuovo Palazzo della Regione.

Il calcolo strutturale dell'edificio eseguito con il codice SAP2000 è sintetizzato, al fine delle analisi geotecniche per la platea di fondazione, nel seguente prospetto:

Tabella 6.1 - Dati di input strutturali per il modello.

TABLE: Section Cut Forces - Design										
SectionCut	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	M2	M3	GlobalX	GlobalY	GlobalZ
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	m	m	m
SC-Base	DEAD	LinStatic	-615700	0	0	6670	-206996	8.484	22.5	-7.8
SC-Base	pp+perm	LinStatic	-465647	0	0	49645	1559625	8.484	22.5	-7.8
SC-Base	VARIABILI	LinStatic	-187848	0	0	18594	623326	8.484	22.5	-7.8
SC-Base	Wind-X	LinStatic	0	32153	0	0	3992772	8.484	22.5	-7.8
SC-Base	Wind-Y	LinStatic	0	0	29137	3634737	0	8.484	22.5	-7.8
SC-Base	Wind-Xecc+	LinStatic	0	32153	0	0	3992772	8.484	22.5	-7.8
SC-Base	Wind-Yecc+	LinStatic	0	0	29137	3634737	0	8.484	22.5	-7.8
SC-Base	Wind-Xecc-	LinStatic	0	32153	0	0	3992772	8.484	22.5	-7.8
SC-Base	Wind-Yecc-	LinStatic	0	0	29137	3634737	0	8.484	22.5	-7.8

Di particolare rilevanza è la sommatoria dei carichi verticali (P) dovuti a pesi propri ed accidentali che incidono direttamente sull'entità dei cedimenti "medi" di fondazione.

Di seguito si riportano i risultati delle analisi progettuali in termini di:

- cedimenti della platea di fondazione nel breve e lungo periodo (LT) con relative rotazioni angolari (β);
- capacità portante della platea di fondazione.

6.4.1 Ipotesi per il calcolo dei cedimenti

E' stato utilizzato il codice di calcolo agli elementi finiti PHASE2 (versione 6.025), sviluppato dall'Università di Toronto e dalla Rocscience (Toronto, Canada), con il quale sono stati generati differenti modelli con mesh ad elementi triangolari a 6 nodi.

I modelli riproducono la geometria del problema in termini di:

- stratigrafia del terreno;
- consolidamento con colonne jet-grouting del terreno sottostante la fondazione;
- dimensioni ed approfondimento della platea di fondazione;
- pressione uniforme trasmessa alla platea dalla sovrastruttura in elevazione (1).

Le posizioni dei bordi modello sono state scelte in modo tale da ridurre il disturbo arrecato alla soluzione numerica in prossimità della fondazione dell'edificio.

In particolare i modelli consentono di valutare non solo l'entità dei cedimenti ma anche l'efficacia o meno di interventi di consolidamento del terreno di fondazione mediante colonne di jet-grouting.

Per tener conto della geometria effettiva della fondazione è stata utilizzata l'opzione di assial-simmetria, con la quale si simula un'area di carico con impronta circolare di raggio equivalente funzione dell'area rettangolare della platea. L'asse verticale di simmetria è posizionato in corrispondenza dell'ascissa $x=0$.

Nella seguente figura è riportata la vista globale della mesh di calcolo e la geometria di input in termini di stratigrafia, dimensioni platea ed intervento con jet-grouting.

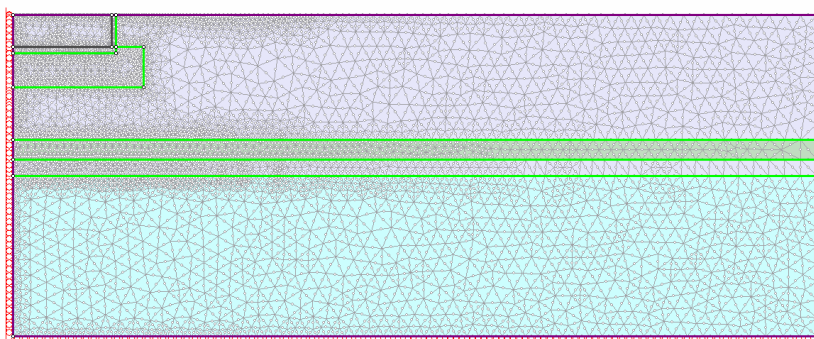
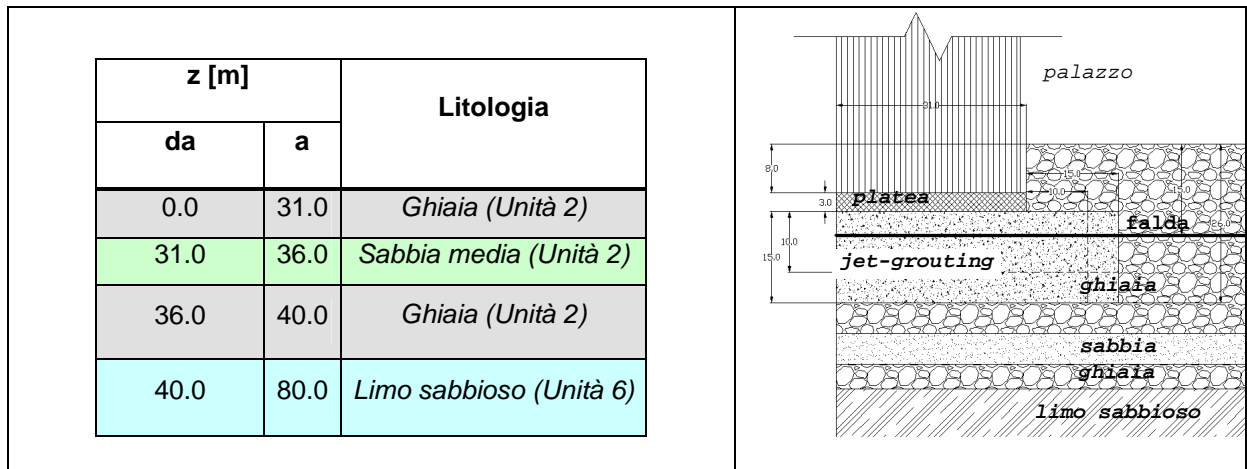


Figura 6.4. Mesh di calcolo.

Per quanto concerne la stratigrafia (ricavata dai log dei sondaggi a disposizione ad oggi eseguiti) vale quanto segue:

(¹) L'assunzione di pressione uniforme sulla platea, non realistica per la presenza di una distribuzione di forze orizzontali (vento e sisma) che rendono eccentrica la risultante dei carichi verticali, si rende necessaria vista l'ipotesi di calcolo in condizioni di simmetria assiale. Da qui un rafforzamento della necessità di passare a modellazioni 3D.

Tabella 6.2 - Stratigrafia di calcolo.



I terreni sono prettamente granulari, specie per gli strati immediatamente sottostanti la platea di fondazione (ghiaie e sabbie). I cedimenti che si sviluppano in seguito alla costruzione del palazzo si esauriscono praticamente a tempo zero, in ogni caso entro il completamento dell'edificio. Il comportamento è di tipo drenato con sviluppo di cedimenti immediati (s_i) ed assenza significativa di fenomeni di consolidazione nel tempo; questi ultimi potrebbero presentarsi, tutt'al più, negli strati profondi limoso-sabbiosi allorchè la componente limosa fosse preponderante in modo marcato rispetto alla sabbiosa. Solo l'esecuzione di sondaggi profondi *ad hoc* e prelievo di campioni può fornire informazioni aggiuntive su tali litologie. Al momento si ipotizza un comportamento granulare anche per i limi-sabbiosi.

Non si ravvisa nei materiali litologici in esame, trattandosi per lo più di terreni granulari (ghiaie e sabbie), un comportamento viscoso nel lungo periodo in seguito allo sviluppo di una consolidazione secondaria. Tuttavia per stimare l'eventuale evoluzione del cedimento nel lungo periodo, si può assumere un decadimento del modulo di elasticità assegnato al jet-grouting almeno del 50%.

Il coefficiente di spinta a riposo (K_0) è stato assunto pari a 0.5. Lo stato tensionale iniziale è gravitativo ottenuto per applicazione dei pesi di volume degli strati di terreno e della gravità, in accordo al valore di K_0 sopra ipotizzato.

Nel calcolo non è stata implementata la falda, prevista a -15 m dal piano campagna, per limiti di modellazione Phase in condizioni di simmetria assiale. In ogni caso per il calcolo elastico dei cedimenti è incidente la variazione tensionale $\Delta\sigma_v$ conseguente all'applicazione del

carico, coincidente con la variazione tensionale totale $\Delta\sigma_v$. E' ovvio che tale assunzione non inficia in alcun modo i risultati.

Il calcolo è eseguito in condizioni elastico-lineari con riferimento ai seguenti parametri di elasticità in termini di modulo di Young (E') e coefficiente di Poisson (ν). Si indicano inoltre in tabella i pesi di volume (γ).

Tabella 6.3 -. Parametri elastici di calcolo.

z [m]		Litologia	E' [MPa]	ν [-]	γ [kN/m ³]
da	a				
0.0	31.0	Ghiaia	150	0.25	20.0
31.0	36.0	Sabbia media	100	0.30	19.0
36.0	40.0	Ghiaia	150	0.25	20.0
40.0	80.0	Limo sabbioso	60	0.30	19.0

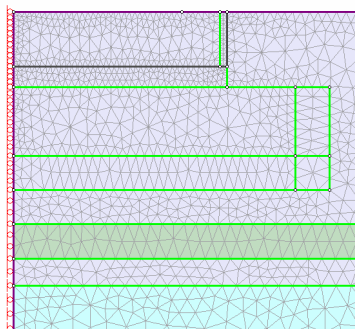
Per i materiali strutturali ed il terreno consolidato è stato assunto quanto segue:

Tabella 6.4 - Parametri di calcolo per fondazione e jet-grouting.

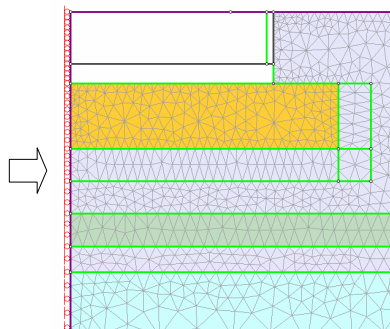
Materiale	E' [MPa]	ν [-]	γ [kN/m ³]
Fondazione	32500	0.20	25.0
Jet-Grouting	2500	0.25	22.0

Per la platea di fondazione in calcestruzzo armato si considera uno spessore medio di prima approssimazione pari a 3.0m.

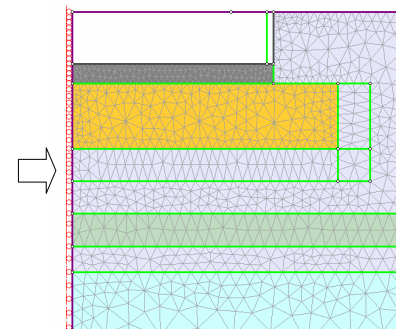
Di seguito si riporta la sequenza di calcolo assunta:



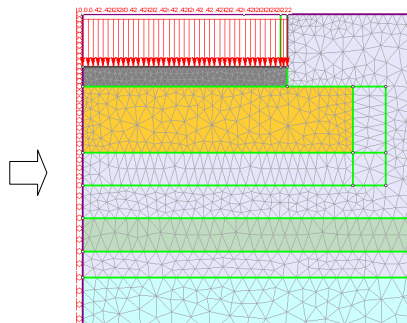
Fasi 1 – inizializzazione



Fase 2 – Scavo di fondazione e attivazione consolidamento



Fase 3 – Simulazione platea



Fase 4 – Applicazione pressioni sulla fondazione

Figura 6-5. Mesh di calcolo.

La pressione media applicata sulle fondazioni dall'edificio è stata estrapolata dai risultati del calcolo con il codice SAP2000 (vedere tabella 6.1). Si ricava un valore di forza verticale globale trasmessa alla platea di fondazione (DEAD+pp+perm+VARIABILI) pari a ~1270000 kN. Essendo l'impronta della platea dell'edificio di forma rettangolare e dimensioni 55×55 m, si deduce la pressione lorda (p_l):

$$p_l = \frac{1270000}{55 \times 55} = 420 \text{ kPa}$$

Tenendo conto dell'approfondimento della fondazione di circa 11m dal piano campagna, la pressione netta (p_n) risulta pari a:

$$p_n = p_l - \sigma_{v0} = 420 - 11 \cdot 20 \cong 200 \text{ kPa}$$

Non è stata considerata la pressione trasmessa dalla platea di fondazione con il suo peso proprio (dell'ordine dei 25·3: 75 kPa, essendo rispettivamente 25 kN/m³ il peso di volume del cls e 3 lo spessore della platea) in quanto direttamente simulata nel calcolo numerico.

Sono stati generati 3 differenti modelli aventi le seguenti peculiarità:

- *Analisi 1: assenza del consolidamento del terreno di fondazione;*
- *Analisi 2: presenza del consolidamento con spessore medio di 10 m al di sotto della fondazione;*
- *Analisi 3: presenza del consolidamento con spessore medio di 15 m al di sotto della fondazione.*

La seguente figura mostra la geometria di calcolo in corrispondenza della platea di fondazione per le suddette analisi:

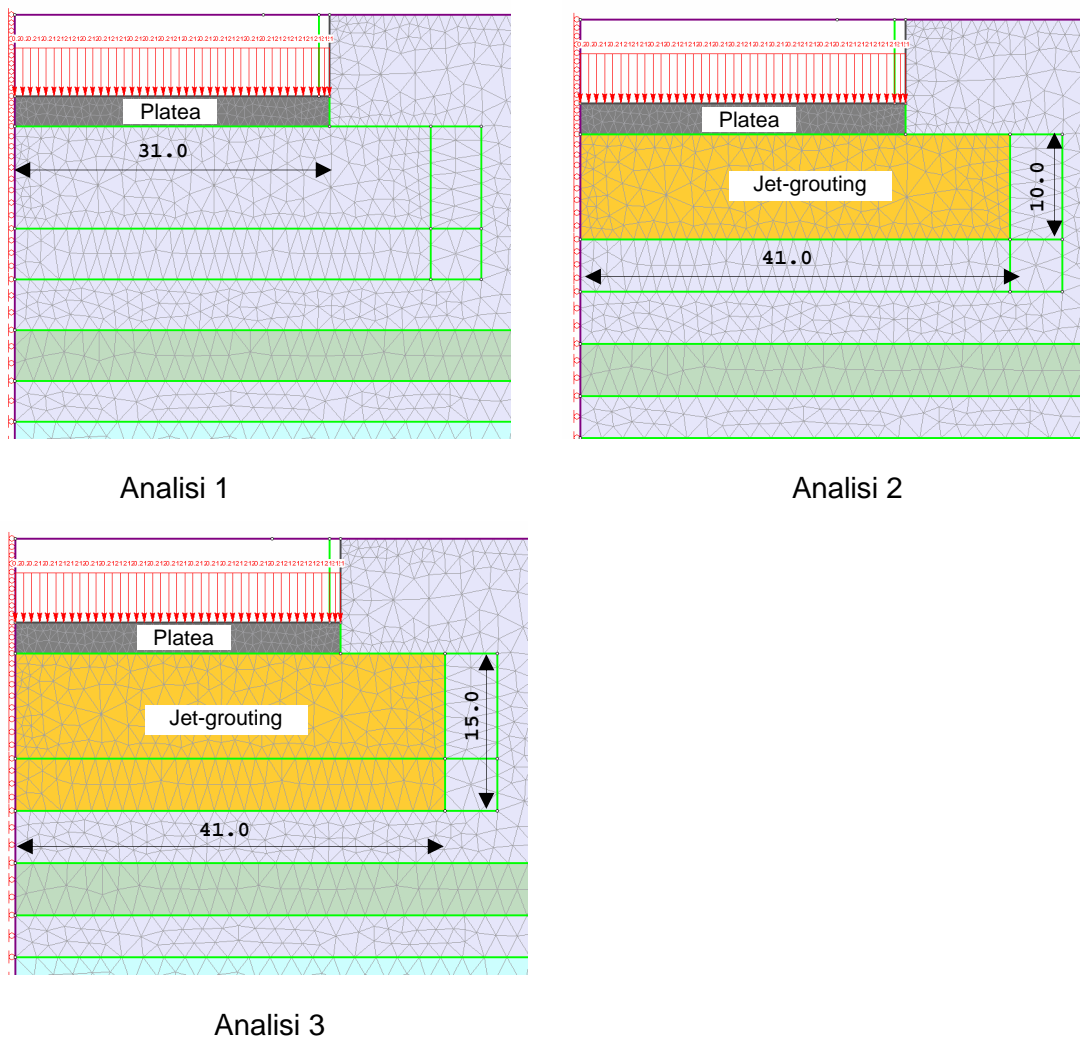


Figura 6.6. Geometrie del trattamento jetting.

Come anticipato in precedenza, per la platea è stata ipotizzata una forma circolare approssimata di raggio equivalente (R_{eq}) pari a:

$$R_{eq} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{4 \cdot B \cdot L}{\pi}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{4 \cdot 55 \cdot 55}{\pi}} \sim 31 \text{ m}$$

6.4.2 Risultati di calcolo dei cedimenti

Sono riportati di seguito i risultati di calcolo in termini di spostamenti verticali nel terreno sotto il piano di fondazione della platea per le tre analisi citate.

Gli spostamenti sono relativi alla fase 4 di applicazione della pressione rispetto alla fase 2 (fase di scavo sino al piano di posa della fondazione).

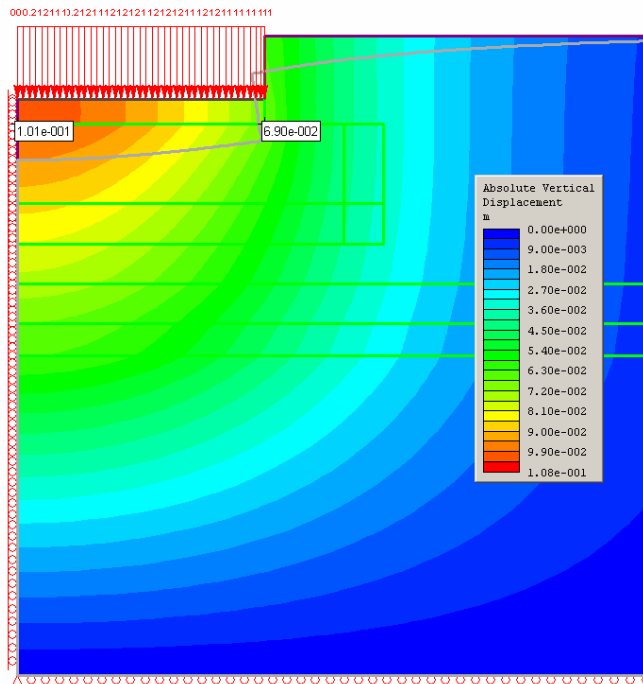


Figura 6.7. Analisi 1. Spostamenti verticali (fase4-fase2).

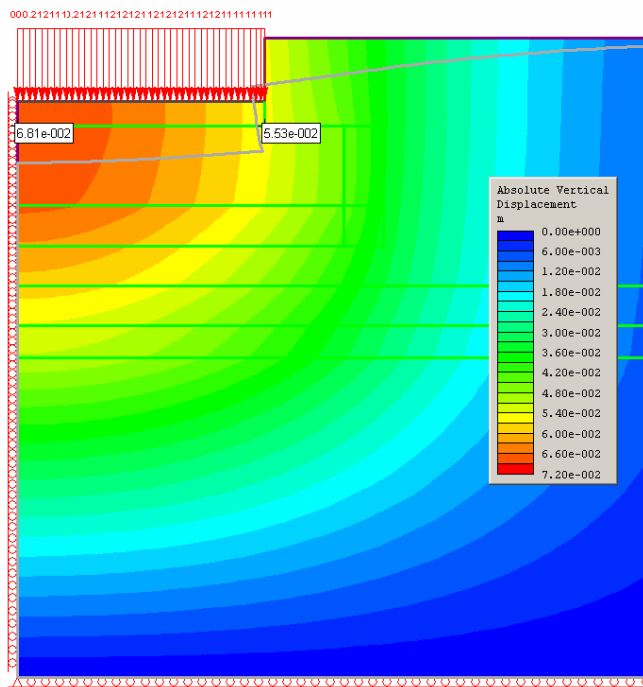


Figura 6.8. Analisi 2. Spostamenti verticali (fase4-fase2).

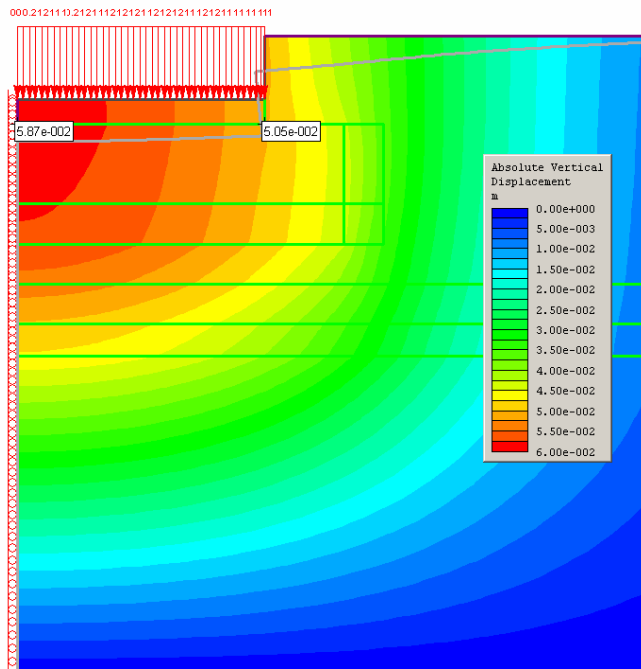


Figura 6.9. Analisi 3. Spostamenti verticali (fase4-fase2).

Nelle seguenti tabelle sono riportati i valori di rotazione relativa (β) e cedimento differenziale (Δs) per le condizioni di analisi assunte. Si ipotizza un interasse dei pilastri P1÷P4 pari a 6.0-7.5 m, come indicato nello schema che segue:

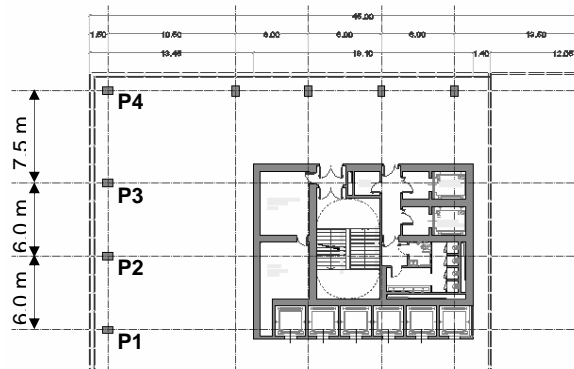


Figura 1. Pianta pilastri edificio.

Tabella 6.5 - Analisi 1. Rotazioni relative e cedimenti differenziali.

Pilastro	s [m]	ΔX [m]	Δs [m]	β [rad]
P1	0.101	-	-	-
P2	0.098	6.0	0.003	1/2213
P3	0.093	6.0	0.005	1/1127
P4	0.083	7.5	0.010	1/756

(*) Δs : $s_i - s_j$; $\beta = \Delta s / (X_i - X_j)$.

Tabella 6.6 - Analisi 2. Rotazioni relative e cedimenti differenziali.

Pilastro	s [m]	ΔX [m]	Δs [m]	β [rad]
P1	0.068	-	-	-
P2	0.067	6.0	0.001	1/5446
P3	0.065	6.0	0.002	1/2772
P4	0.061	7.5	0.004	1/1858

(*) $\Delta s: s_i - s_j; \beta = \Delta s / (X_i - X_j)$.

Tabella 6.7 - Analisi 3. Rotazioni relative e cedimenti differenziali.

Pilastro	s [m]	ΔX [m]	Δs [m]	β [rad]
P1	0.059	-	-	-
P2	0.058	6.0	0.001	1/8516
P3	0.057	6.0	0.001	1/4305
P4	0.054	7.5	0.003	1/2872

(*) $\Delta s: s_i - s_j; \beta = \Delta s / (X_i - X_j)$.

La seguente figura riporta il confronto tra i profili di cedimento del piano di fondazione per le analisi eseguite:

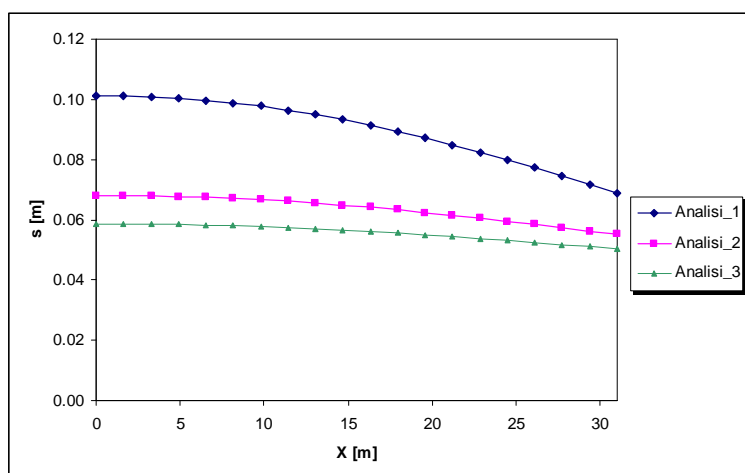


Figura 6-11. Profili di cedimento del piano di fondazione.

La presenza del consolidamento oltre a determinare una significativa riduzione nei valori massimi di cedimento comporta anche un'omogeneizzazione dello stesso ravvisabile in un decremento delle rotazioni angolari relative β , come ben evidenziato nella figura seguente.

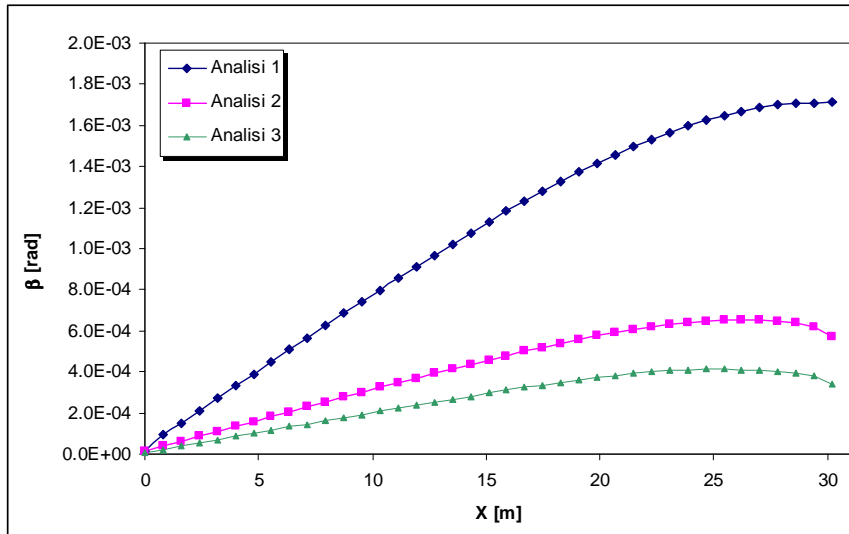


Figura 6.12. Profili di rotazione angolare relativa del piano di fondazione.

Nella seguente tabella si scorpora dal cedimento totale la quota parte di cedimento afferente ai limi sabbiosi profondi.

Tabella 6.8 - Cedimenti totali e componente nei limi-sabbiosi.

Analisi	S_{tot} [cm]	S_{limi} [cm]	S_{limi}/S_{tot} [%]
1	10.1	6.3	62%
2	6.8	5.1	75%
3	5.9	4.7	80%

(*) I cedimenti si riferiscono al centro della platea ($X=0$).

Alla luce di quanto detto in precedenza, si riportano di seguito gli spostamenti verticali di lungo periodo (LT) per le analisi 2 e 3, avendo ridotto il modulo di elasticità del jetting del 50% ($E'_{j,LT}=1250$ MPa).

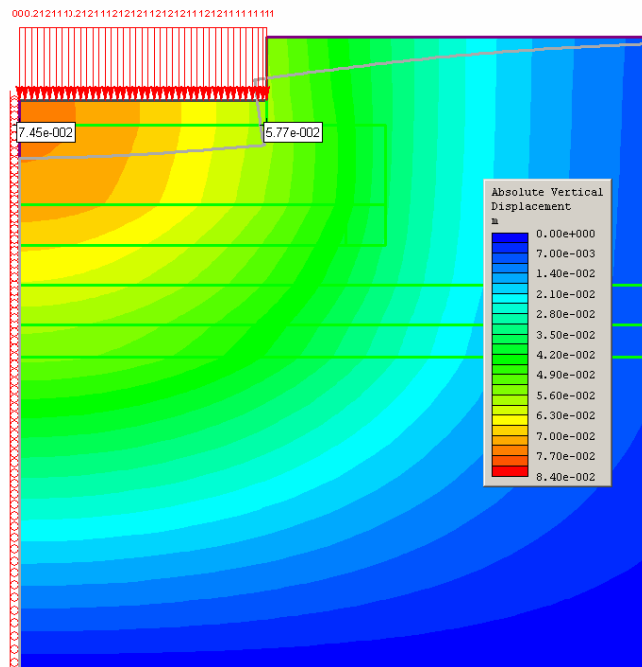


Figura 6.13. Analisi 2 (LT). Spostamenti verticali (fase4-fase3).

Tabella 6.9 - Analisi 2 (LT). Rotazioni relative e cedimenti differenziali.

Pilastro	s [m]	ΔX [m]	Δs [m]	β [rad]
P1	0.074	-	-	-
P2	0.073	6.0	0.001	1/4159
P3	0.070	6.0	0.003	1/2119
P4	0.065	7.5	0.005	1/1429

(*) $\Delta s: s_i - s_j$; $\beta = \Delta s / (X_i - X_j)$.

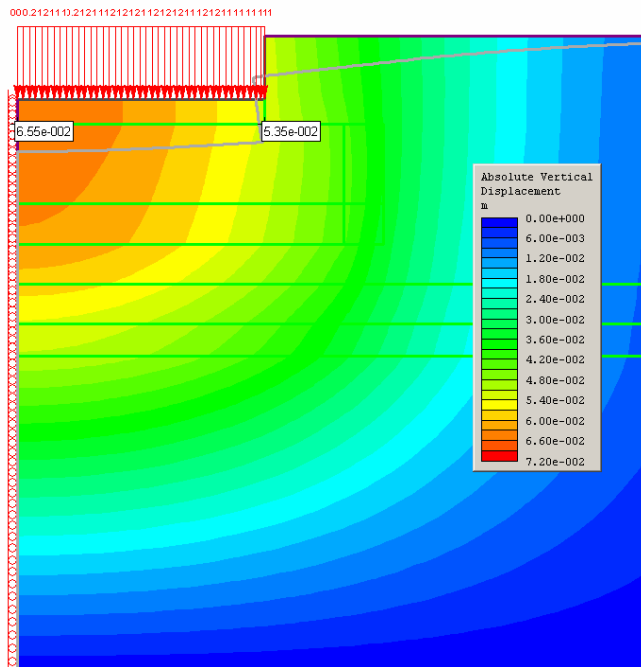


Figura 6.14. Analisi 3 (LT). Spostamenti verticali (fase4-fase3).

Tabella 6-10 - Analisi 3 (LT). Rotazioni relative e cedimenti differenziali.

Pilastro	s [m]	ΔX [m]	Δs [m]	β [rad]
P1	0.065	-	-	-
P2	0.064	6.0	0.001	1/5790
P3	0.062	6.0	0.002	1/2941
P4	0.058	7.5	0.004	1/1981

(*) $\Delta s: s_i - s_j$; $\beta = \Delta s / (X_i - X_j)$.

Il seguente prospetto evidenzia il confronto tra cedimenti di breve e lungo periodo (LT) per le analisi con consolidamento.

Tabella 6.11 - Confronto tra cedimenti di breve e lungo periodo (LT)

Analisi	s [cm]	s_{LT} [cm]	Δs_{LT} [cm]
2	6.8	7.5	0.7
3	5.9	6.6	0.7

Si riporta l'andamento delle tensioni geostatiche iniziali e in seguito all'applicazione del carico di fondazione + peso platea. La variazione tra le due si esaurisce entro i 15÷20 m di profondità.

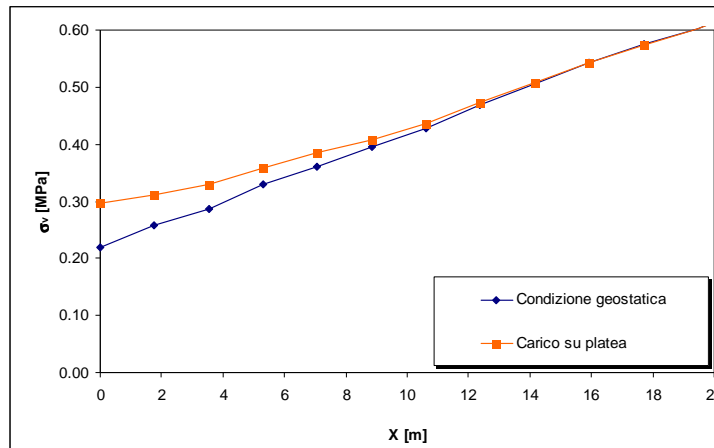


Figura 6.15. Andamento tensionale verticale.

Infine si stima la rotazione della fondazione in presenza di azioni flettente sul piano di posa mediante la seguente formulazione:

$$\tan\theta = \frac{1-\nu^2}{E'} \cdot \frac{M}{B^2 \cdot L} \cdot I_\theta$$

essendo $I_\theta \sim 4$ (per $L/B=1$) e fondazione rigida (Taylor, 1967). La seguente tabella sintetizza i valori di calcolo per la fondazione in oggetto:

Tabella 6.12 -. Calcolo della rotazione della platea.

E' [MPa]	v [-]	B [m]	L [m]	M [kN·m]	tanθ
150	0.25	55	55	7315000	~1/900

6.4.3 Capacità portante

E' stata eseguita una valutazione di capacità portante della fondazione avendo assunto parametri drenati. La formulazione di riferimento è quella di Brich-Hansen di seguito esplicitata:

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_y \cdot s_y \cdot d_y \cdot i_y \cdot b_y \cdot g_y$$

Si assume un angolo di resistenza al taglio efficace (ϕ') pari a 35°, con riferimento al solo strato di ghiaia. Cautelativamente nel calcolo non si assume la presenza del consolidamento con jet-grouting.

Le sollecitazioni di calcolo, ricavate direttamente dal prospetto di Tabella 6.1, sono riassunte nella seguente tabella in termini di forza assiale (N), momento flettente (M) e forza orizzontale di scorrimento (V).

Tabella 6.13 - Valori delle sollecitazioni

N [kN] (*)	V [kN]	M [kN·m] (**)
1497000	32153	7315000

(*) rispetto ai risultati SAP2000, al valore di N è stato sommato anche il peso della platea di impronta 55x55 m e spessore 3 m, peso pari a circa 227000 kN.

(**) rispetto a SAP2000 i momenti flettenti tengono conto anche del trasporto delle sollecitazioni dal piano -7.8 m sino al piano di posa della fondazione posto 3 m sotto.

Il calcolo del fattore di sicurezza a capacità portante della fondazione è stato condotto in accordo alle indicazioni tecniche del NTU, con applicazione di coefficienti parziali ad azioni e resistenze del terreno.

In particolare i carichi sono stati moltiplicati per "1.3" e la tangente di ϕ' ridotta di "1.25" (combinazione A2+M2; NTU §7.2.5).

Si ottiene un fattore di sicurezza pari a circa 10, (q_{lim} pari a circa $1.5 \cdot 10^7$ kN).

6.4.4 Coefficienti di sottofondo

A conclusione del paragrafo §6.4 si riporta una stima del coefficiente di sottofondo o modulo di reazione (k_s) nell'ipotesi di assumere un'interazione terreno/struttura alla Winkler (1867) ossia mediante un sistema di molle di rigidità proporzionale ai parametri di deformabilità propri dei terreni di fondazione.

Tale coefficiente può trovare applicazione nei successivi livelli di progettazione qualora si ricorra all'utilizzo di codici di calcolo che prevedono un'interazione semplificata solo mediante sistema di molle.

Per la stima di k_s esistono in letteratura numerose correlazioni e/o indicazioni in funzione delle litologie e delle dimensioni geometriche della fondazione. Nel presente documento si utilizza la nota formulazione di Vesic (1961) di seguito esplicitata:

$$k_s = \frac{E}{B \cdot (1 - \nu^2)}$$

essendo E il modulo di deformabilità del terreno e B la dimensione rappresentativa della fondazione.

Per la fondazione in esame si assumono i seguenti parametri di input per il calcolo di k_s :

n_{colonne}	800	-
D_{colonne}	1.50	m
A_{colonne}	1.77	m ²
E_{colonne}	2500	MPa
B	55	m
H	55	m
E_{terreno}	150	MPa

E_{medio}	1248	MPa
B	55	m
n	0.3	-

k_s	24.9	MPa/m³
	2.5	kg/cm³

k_{s,d}	74.8	MPa/m³
	7.5	kg/cm³

k_s coefficiente di sottofondo statico
k_{s,d} coefficiente di sottofondo dinamico

Per la stima di E_{medio} al di sotto della platea di fondazione è stata considerata la media ponderata tra modulo del terreno ghiaioso e modulo delle colonne jetting, ipotizzando per queste ultime un diametro di 1.5 m e una disposizione a quinconce con interasse 2.5 m. Il valore di $k_{s,d}$ da assumere nelle analisi strutturali con azioni esterne dinamiche (es. vento) è stato valutato applicando un ragionevole fattore di incremento pari a 3 al valore statico k_s .

6.5 Approfondimenti per la fase di Progetto Definitivo

Nel progetto definitivo, avendo acquisito i risultati delle indagini geognostiche e quindi la ricostruzione stratigrafica precisa del terreno, per la valutazione dell'entità dei cedimenti e dimensionamento della platea di fondazione si procederà all'analisi tridimensionale agli elementi finiti utilizzando il codice numerico ANSYS.

Il modello strutturale utilizzato sarà un modello tridimensionale, di dimensione tale da evitare l'interferenza tra il bulbo di pressione formato in seguito all'applicazione dei carichi trasmessi dalla struttura in elevazione alla platea di fondazione.

Verranno utilizzati i seguenti tipi di elementi della libreria ANSYS:

- SOLID45 con otto nodi e con tre gradi di libertà per nodo: traslazioni nelle direzioni x, y e z. Questo elemento viene usato per rappresentare il terreno e la platea di fondazione.
- SHELL43 con quattro nodi e con sei gradi di libertà per nodo: traslazioni nelle direzioni x, y, e z e rotazioni attorno ai medesimi assi. Questo elemento può essere usato in alternativa all'elemento SOLID45 per rappresentare la platea di fondazione.

Per gli elementi appena descritti viene assunta una legge di comportamento di tipo elastico-lineare.

Nelle figure 6.16 e 6.17 è riportato il modello di calcolo agli elementi finiti che verrà utilizzato nel progetto definitivo.

6.5.1 Carichi e vincoli applicati

Lo stato iniziale del terreno è gravitativo e di conseguenza il coefficiente a riposo viene calcolato con il rapporto $K= v/(1-v)$. I carichi sulla platea di fondazione vengono applicati in corrispondenza dei pilastri, trasmessi dalla struttura in elevazione sulla platea stessa.

I bordi del modello sono vincolati lateralmente, nelle direzioni X e Y, in modo da consentire lo spostamento in direzione verticale, mentre la base del modello è stato vincolato nelle tre direzioni X, Y e Z.

Figura 6.16 - Modello agli elementi finiti. Platea di fondazione e terreno circostante

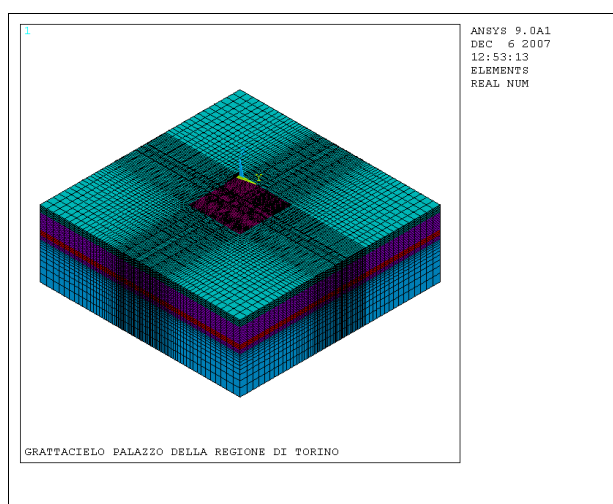
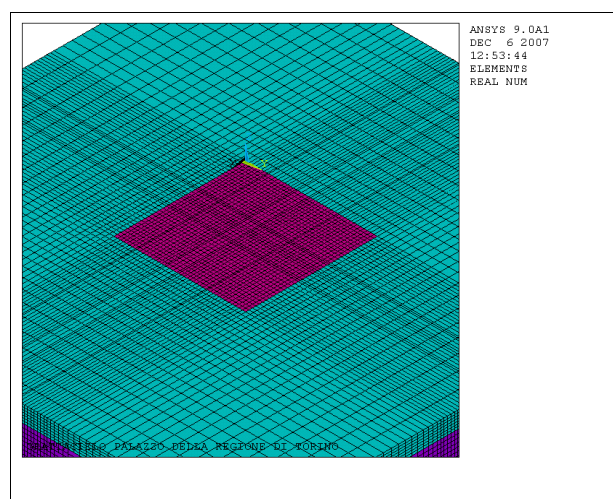


Figura 6.17 - Modello agli elementi finiti. Dettaglio della platea di fondazione e del terreno circostante



7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

I dati a disposizione hanno permesso di ricostruire, con una buona approssimazione, il quadro geologico-geotecnico ed idrogeologico nel quale le opere previste nel Progetto Preliminare del Nuovo Palazzo della Regione Piemonte saranno inserite.

Inoltre, l'analisi dei dati permette di valutare con necessaria accuratezza l'interazione tra le opere previste nel Progetto ed il sottosuolo e di evidenziare le problematiche che saranno approfondite nelle successive fasi progettuali.

In particolare, ai fini del dimensionamento delle fondazioni del Palazzo della Regione, saranno valutate le caratteristiche di portanza dei terreni sia per determinare i carichi ammissibili sia per progettare le opere di fondazione necessarie a contrastare le diverse azioni che tale opera subirà (p. es. l'effetto di spinta del vento). In ogni caso, la scelta fondazionale di progetto prevederà un piano di appoggio omogeneo ed in grado di assorbire eventuali deformazioni disomogenee dei terreni di fondazione, attraverso un miglioramento delle caratteristiche di resistenza e deformabilità intrinseche.

I dati necessari alla definizione di un modello geologico di dettaglio ed alla caratterizzazione puntuale dei parametri geotecnici saranno forniti dal piano di indagini geognostiche e dalle indagini di laboratorio correlate in via di svolgimento.

La verifica della superficie della falda superficiale dovrà essere eseguita in un intervallo di tempo sufficientemente protratto sia nelle verticali di indagini eseguite per la caratterizzazione geotecnica sia in appositi piezometri da installare sull'area in modo da permettere una buona copertura areale ed un significativo intervallo di monitoraggio del livello.

Le analisi dei cedimenti evidenziano valori di cedimento e rotazioni accettabili sia nel breve che lungo periodo.

Per la validità dei risultati è bene, comunque, precisare quanto segue:

- la parametrizzazione geotecnica dei terreni è stata basata esclusivamente su informazioni estrapolate dalla progettazione e dal corso d'opera inerenti la Metropolitana di Torino;
- le analisi numeriche portano con sé le approssimazioni del calcolo con il codice numerico "Phase";
- i parametri geotecnici dovranno essere affinati sulla base delle indagini in sito e laboratorio previste ed in parte in fase di completamento. La stima e validazione del decorso dei cedimenti nel tempo molto sarà legata all'esito di tali indagini;
- è necessario il completamento della campagna di sondaggi per la ricostruzione stratigrafica effettiva del sito di fondazione;

- per la successiva fase progettuale sarà implementata l'esecuzione di analisi 3D sofisticate con configurazione completa dei carichi al fine di stimare le rotazioni della platea e come base per un suo dimensionamento strutturale.

Per quanto concerne il trattamento del terreno di consolidazione, la presenza del jet-grouting contribuisce sicuramente a ridurre l'entità dei cedimenti e le rotazioni angolari relative.

8 BIBLIOGRAFIA

BONSIGNORE, G., BORTOLAMI, G., ELTER, G., MONTRASIO, A., PETRUCCI, F., RAGNI, U., SACCHI, R., STURANI, C. ZANELLA, E. 1969. "Carta geologica d'Italia" e "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia" fogli 56 e 57 (Torino e Vercelli). Servizio Geologico d'Italia, Roma.

BORTOLAMI, G., DE LUCA, D., FILIPPINI, G. 1990. "Le acque sotterranee della pianura di Torino. Aspetti e problemi". Provincia di Torino, Assessorato Ecologia.

BOWLES, J.E., 1991. "Fondazioni - Progetto e analisi", McGraw-Hill.

CARRIERI, G., CROVA, R., GRASSO, P.G., GUGLIELMETTI, V. 2004, Torino Metro Line 1, The tunnel excavation of the first section.

CIVITA, M., PIZZO, S. 2001. "L'evoluzione spazio-temporale del livello piezometrico dell'acquifero libero nel sottosuolo di Torino", GEAM n°4 dicembre.

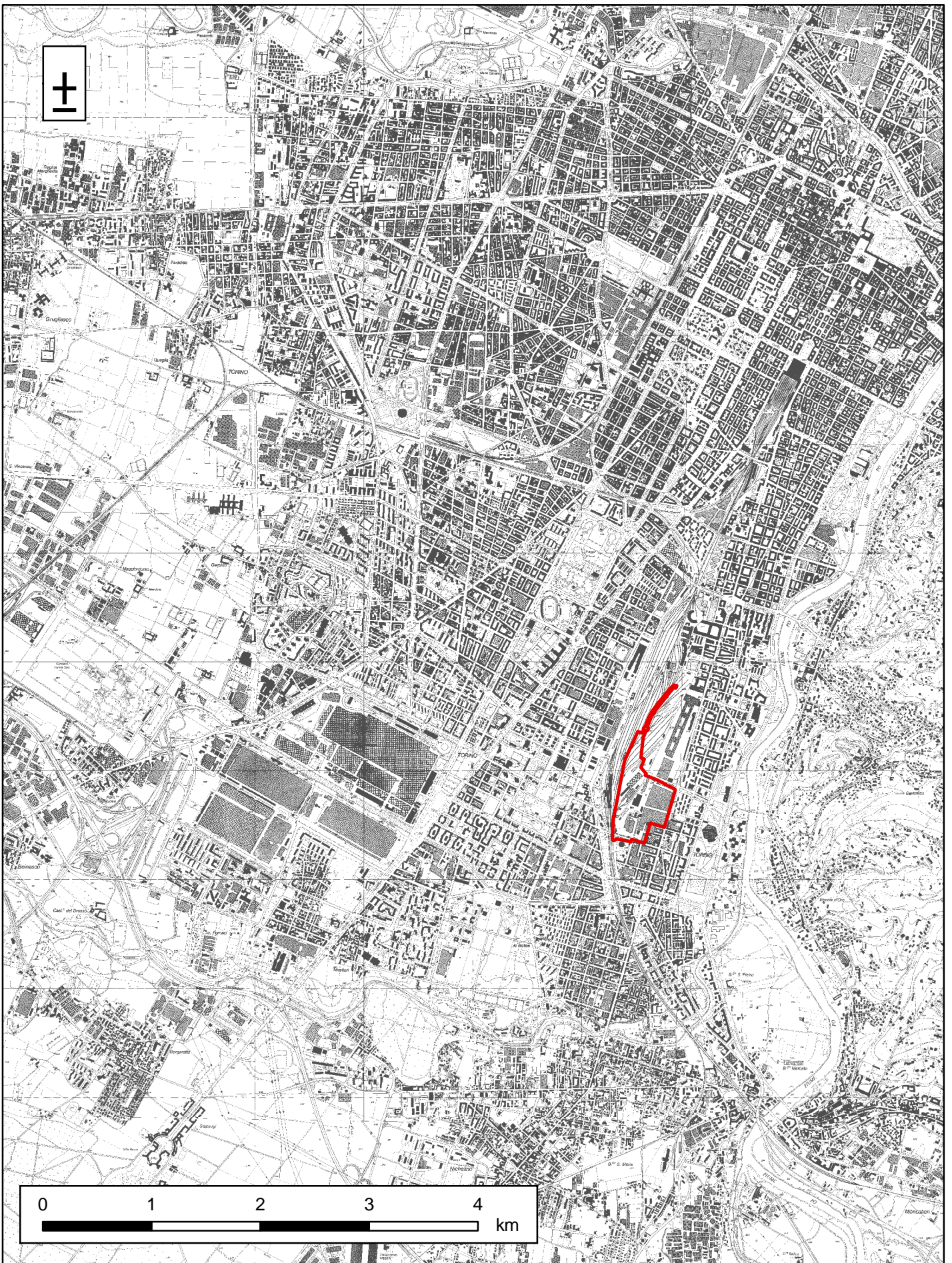
FRANCERI, E., BORTOLAMI, G., RICCI, B. 1980. "Lineamenti geoidrologici della provincia di Torino con riferimento allo stato idrogeochimico delle falde del sottosuolo dell'area ecologico torinese". Provincia di Torino – Assessorato Ecologia.

LANCELLOTTA, R., 1993. "Geotecnica", 1993

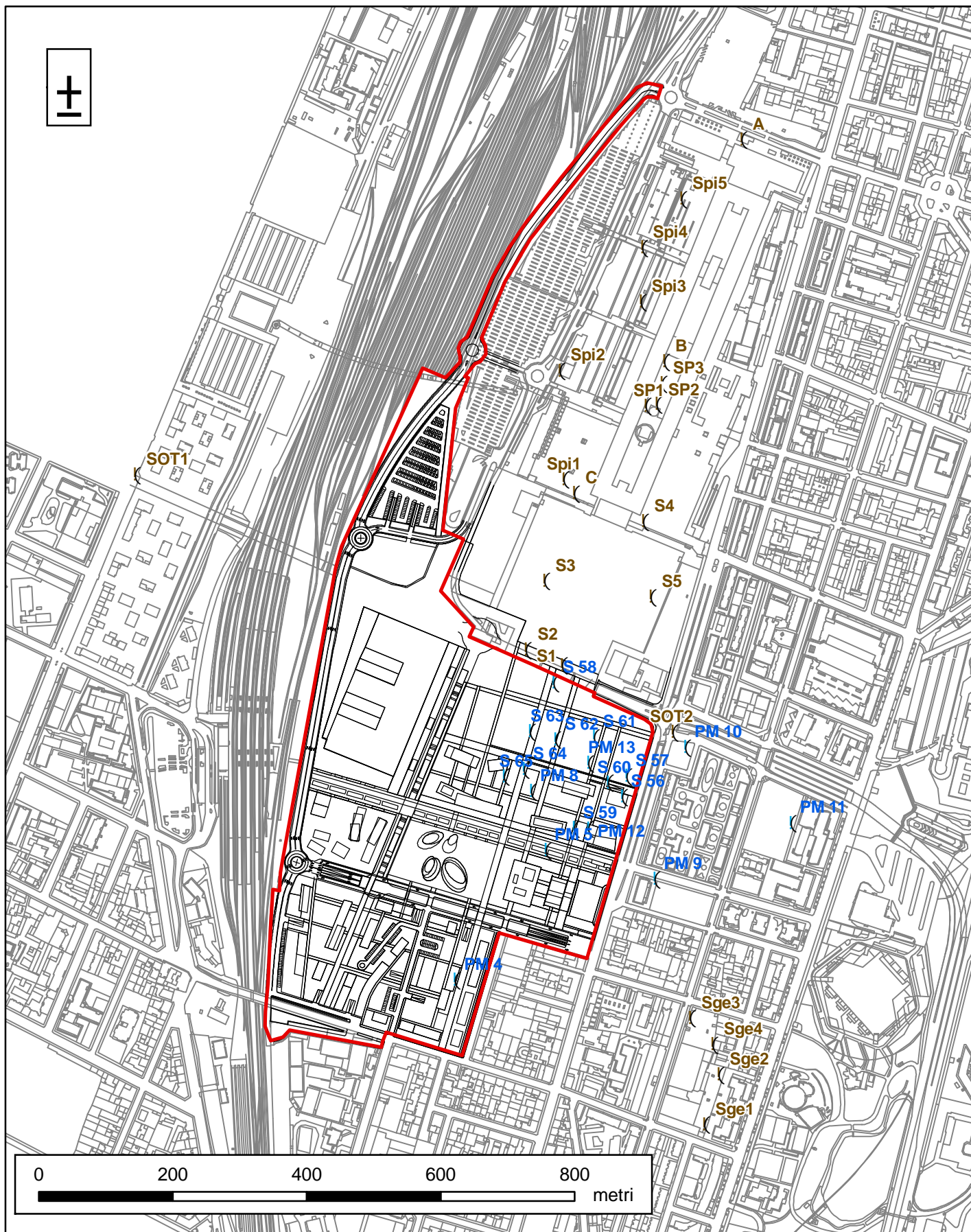
RICCI, G., ENRIONE, R., EUSEBIO, A., CROVA, R. 2007. "Numerical modelling of the interference between underground structures and acquifers in urban environment. The Turin subway – Line 1". Underground Space – the 4th Dimension of Metropolises.

ALLEGATO 1

- Tavola 1: Inquadramento geografico dell'area del Progetto Preliminare
- Tavola 2: Ubicazione delle indagini geognostiche reperite ed utilizzate ai fini dell'inquadramento geologico ed idrogeologico
- Tavola 3: Estratto dalla Carta Geologica foglio n. 56 "Torino" alla scala 1:100.000
- Tavola 4: Carta del pannello piezometrico della falda superficiale
- Tavola 5: Sezione geologica di riferimento con indicazione delle opere in progetto
- Tavola 6: Profilo geologico per il Progetto Definitivo - Bozza



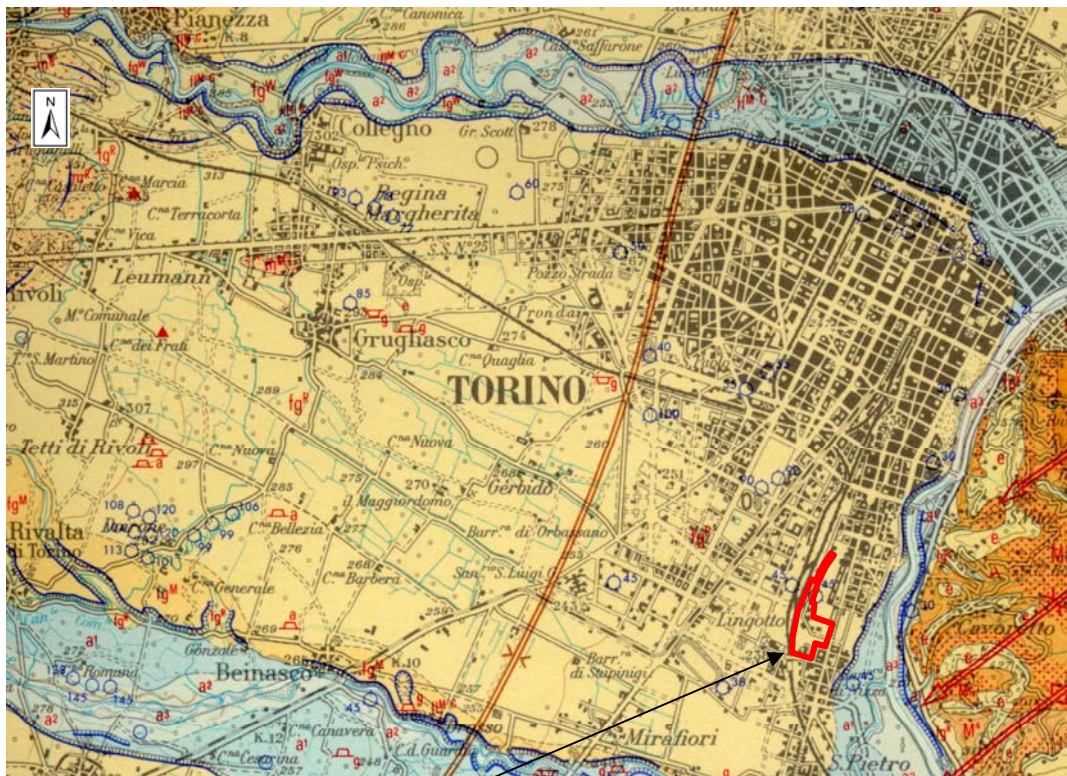
Inquadramento geografico dell'area del Progetto Preliminare (area in rosso)



Ubicazione dei sondaggi geognostici reperiti ed utilizzati per la caratterizzazione del quadro geologico, geotecnico ed idrogeologico

- (Progetto Definitivo dell'intervento di messa in sicurezza e bonifica dell'area "ex-FIAT AVIO"
- (Progetto ed esecuzione di diversi lavori nella zona adiacente all'area oggetto del Progetto Preliminare
- Area del Progetto Preliminare
- Elementi dell'azonamento superficiale






Estratto dalla Carta Geologica d'Italia, foglio n.56 "Torino" alla scala 1:100.000

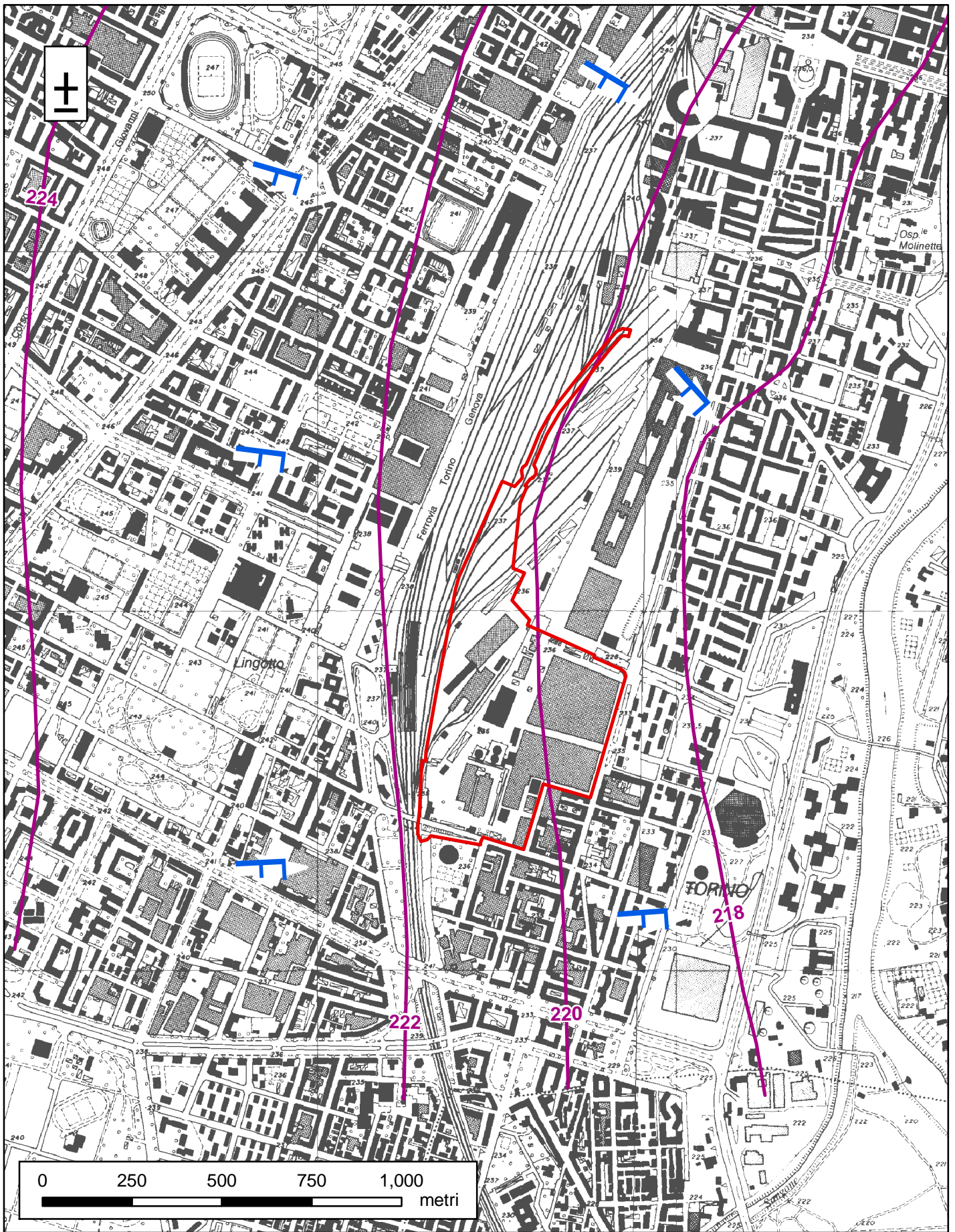


Area del Progetto Preliminare



Estratto dalla Legenda, foglio n.56 "Torino"

	a ²	Depositi ghiaiosi con lenti sabbioso-argillose, fiancheggianti i principali corsi d'acqua, talora debolmente terrazzati, anche attualmente inondabili (ALLUVIONI MEDIO-RECENTI).
	a ¹	Alluvioni sabbioso-ghiaiose postglaciali, ricoperti in parte i precedenti depositi del fluviale-fluvioglaciale würmiano (ALLUVIONI ANTICHE).
	fg ^{R2-R1} fg ^R fl ^R	fg ^R Depositi ghiaioso-sabbiosi con paleosuolo rosso-arancio, perlopiù terrazzati, corrispondenti al livello fondamentale dell'alta pianura, raccordantisi con le cerchie moreniche rissiane (FLUVIOGLACIALE e FLUVIALE RISS).
	fg ^{M-fl} fl ^M	Depositi fluvioglaciali dell'alto terrazzo ondulato, a paleosuolo argilloso rosso-bruno completamente decalcificato ("tipico ferretto") per uno spessore di oltre 5 m, con scarsi ciottoli silicatici alterati e silicei, raccordato coi cordoni mindeliani dell'anfiteatro di Rivoli; depositi fluviali costituenti i lembi relitti delle antiche conoidi della Dora Riparia e della Stura di Lanzo (fg ^{M-fl}) (FLUVIOGLACIALE e FLUVIALE MINDEL). Nella pianura a SE di Chieri, terreni eluviali di età postvillafrafranchiana con copertura loessica rissiana (AP).
	fl ^{M-G}	Conglomerato poligenico stratificato ad elementi minuti, fortemente cementato, sottostante al Mindel ed affiorante con ripide scarpate lungo il Sangone e la Dora Riparia (INTERGLACIALE MINDEL-GÜNZ).



Carta del pannello piezometrico della falda superficiale

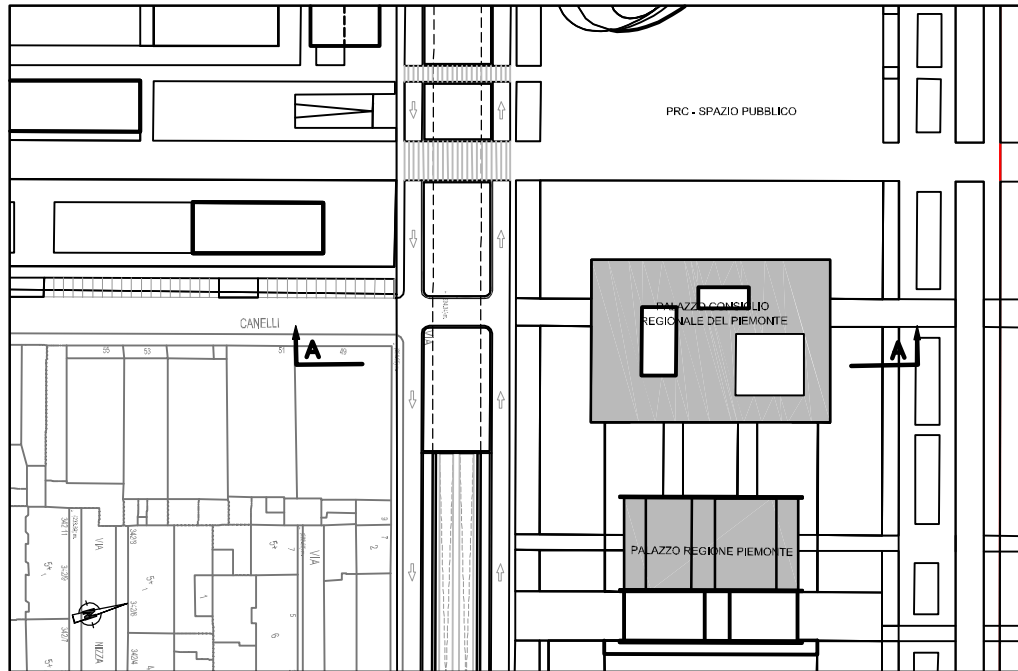
— Isopiezometriche della falda superficiale
quote in metri s.l.m.

□ Area del Progetto Preliminare

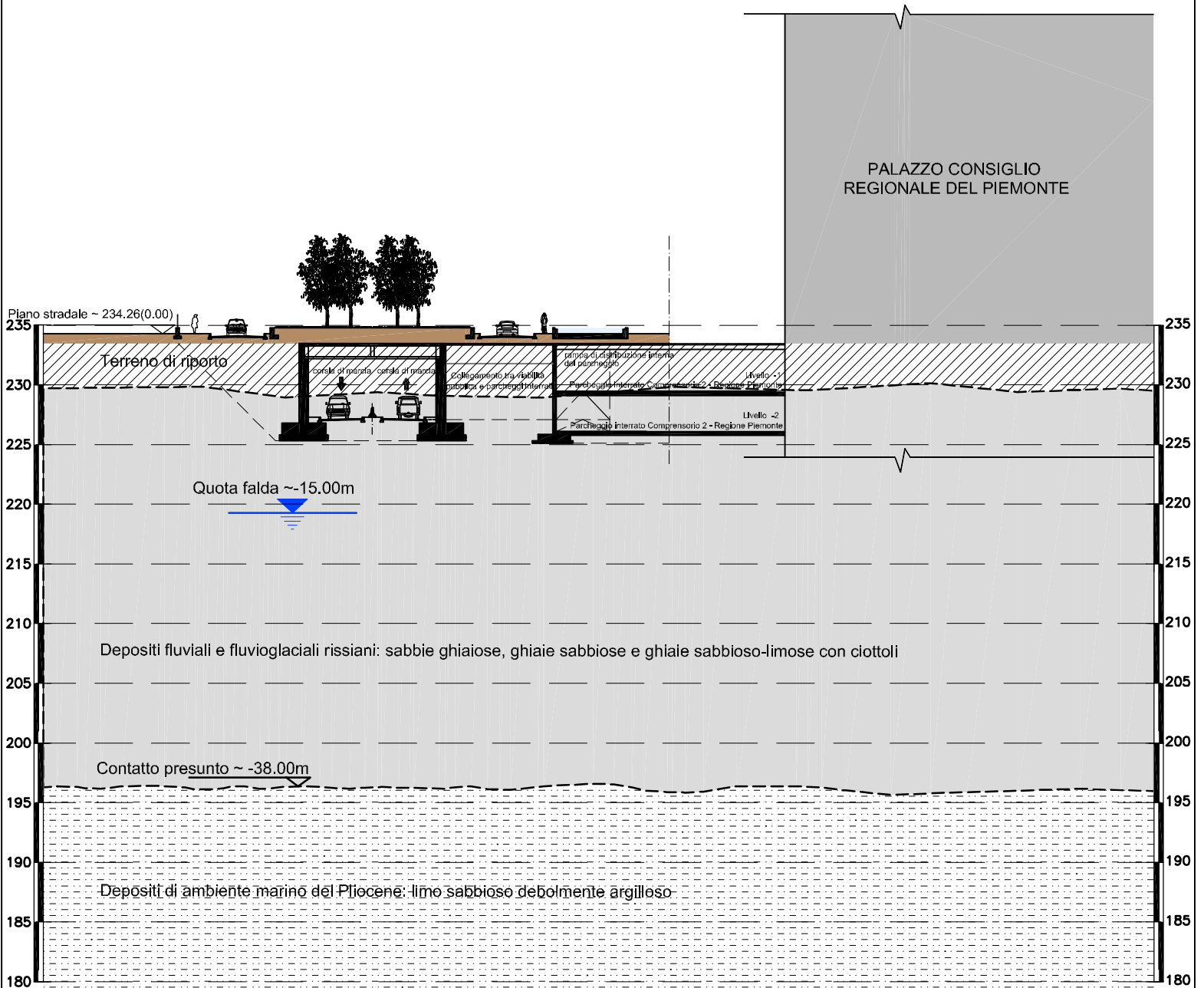
— Direzione media di scorrimento del flusso
idrico sotterraneo della falda superficiale

SEZIONE GEOLOGICA DI RIFERIMENTO CON INDICAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

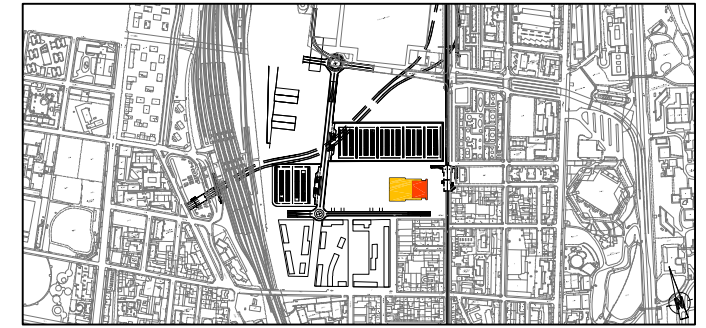
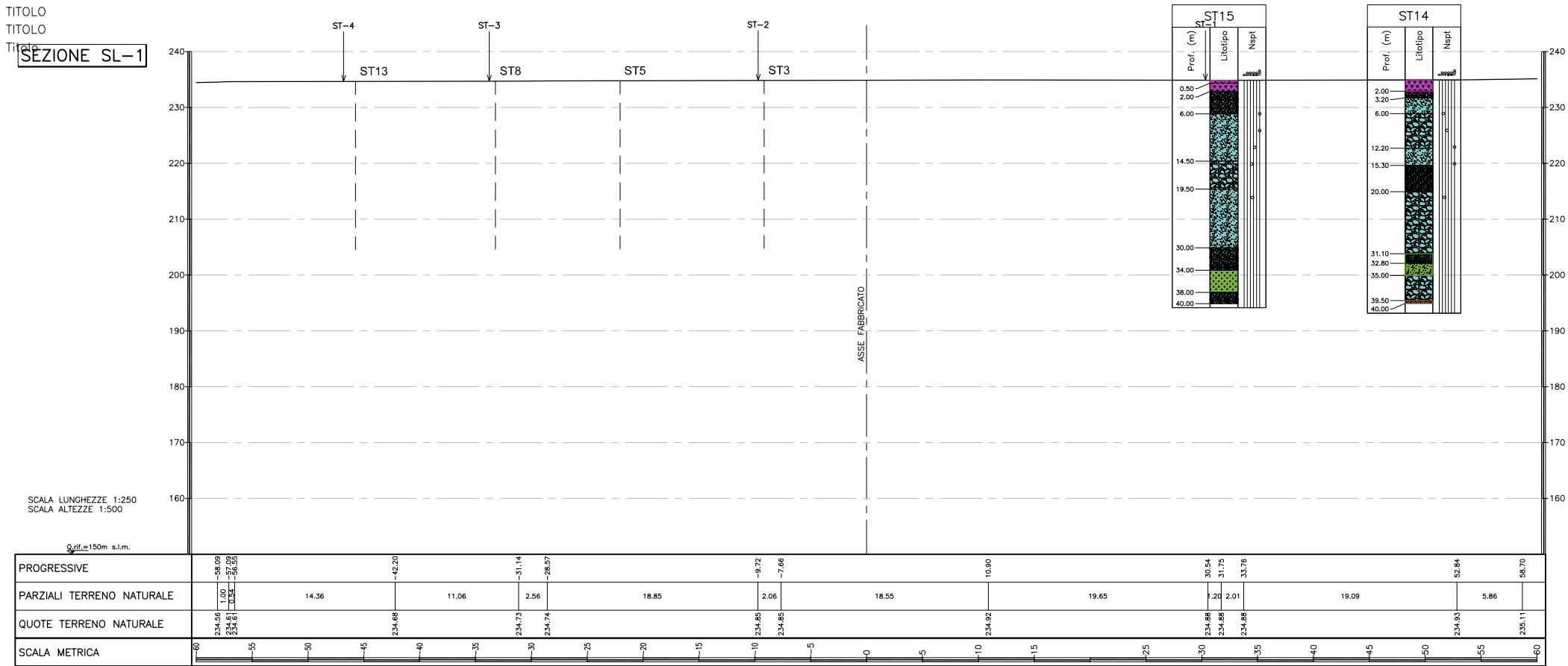
PLANIMETRIA - Scala 1:1.000



SEZIONE A-A - Scala 1:500



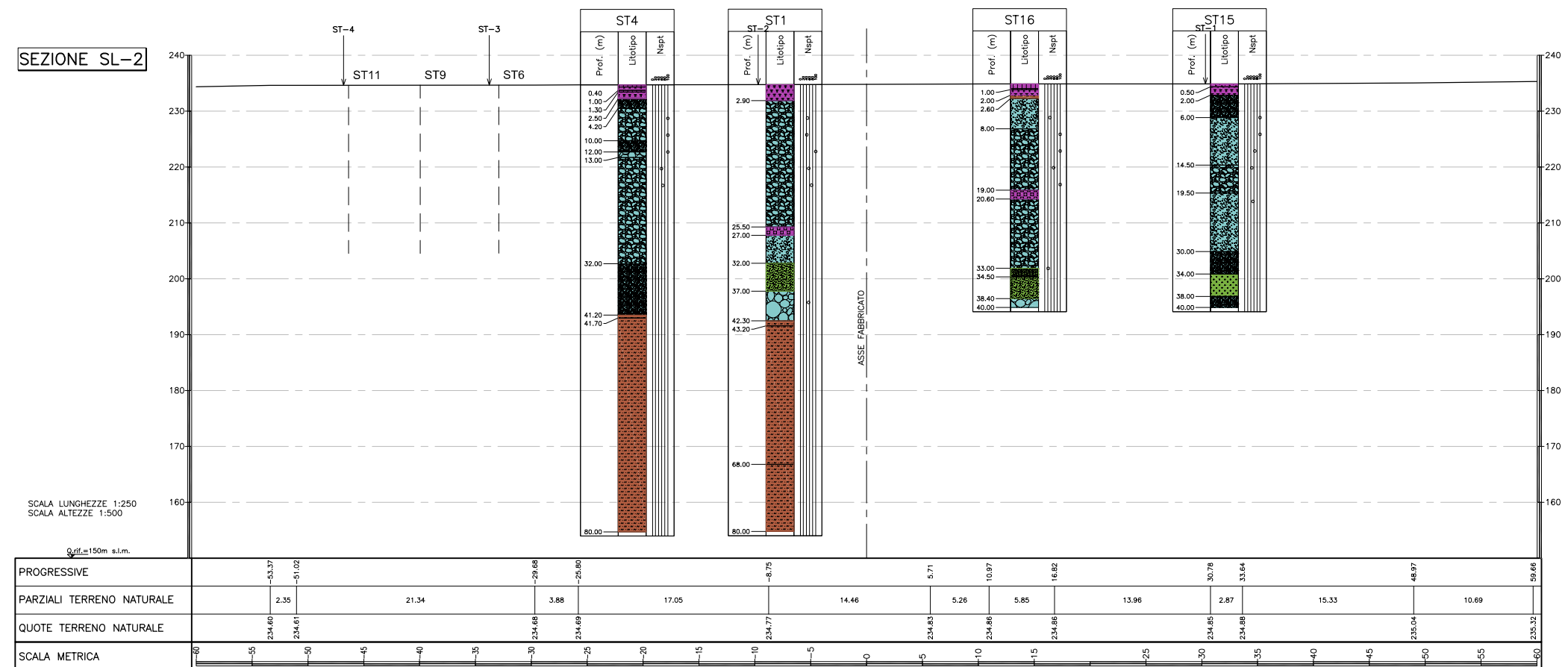
SEZIONE SL-1



LEGENDA

- Riporto
- Soletta cls
- Pavimentazione asfalto
- Ghiaia eterometrica con ciottoli
- Conglomerato
- Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con ciottoli
- Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con rari ciottoli
- Ghiaia sabbiosa con rari ciottoli
- Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa
- Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa
- Ghiaia eterometrica in matrice limosa
- Sabbia media
- Sabbia grossolana con ghiaia media
- Sabbia eterometrica con rara ghiaia media
- Sabbia debolmente ghiaiosa
- Sabbia medio fine
- Limo sabbioso
- Limo deb. sabbioso fine deb. argilloso
- Limo sabbioso fine deb. argilloso
- Limo debolmente argilloso

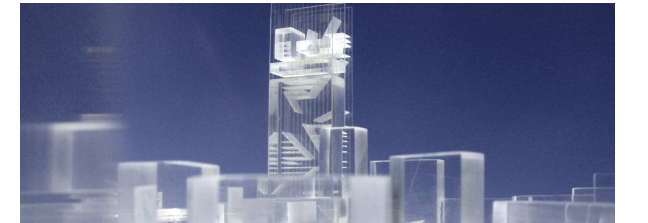
SEZIONE SL-2



ACCORDO DI PROGRAMMA AI SENSI DELL'ART. 34 D.Lgs. 267/2000



CITTA' DI TORINO



NUOVO PALAZZO PER UFFICI REGIONE PIEMONTE
LOTTO 3

PROGETTO PRELIMINARE

REVISIONE	DATA	NOTE	OGGETTO	DIS	CONTI
0	23/10/07	PRIMA EMISSIONE			

Codice generale elaborato	Codice opera	Lotto	Settore	Libro progetto	Area progettazione	Tipo documento	Numero elaborato	Versione
	XX	3	G	P	G	CG	00X	0

Identificazione file: S21791_REG_GEOLOGICHE_Lavag

Titolo: ELABORATI GENERALI

PROFILI GEOLOGICI INTERPRETATIVI (TAV. 1/3) 1:250-1:500

Raggruppamento di progetto: Mandatario: fukas ARCH

fukas ARCH
 Piazza del Ponte di Park, 80
 00186 Roma
 Tel. +39 06 4880 7871
 Fax +39 06 4880 7872
 info@fukas.it

Via S. Maria della Pace, 17
 00187 Roma
 Tel. +39 06 4981 1999
 Fax +39 06 4981 1999
 info@fukas.it

Mandatario: Ai Studio, Ai Engineering s.r.l.

Ai Studio
 Via S. Maria della Pace, 17
 00187 Roma
 Tel. +39 06 4981 1999
 Fax +39 06 4981 1999
 info@ai-studio.it

Ai Engineering s.r.l.
 Via S. Maria della Pace, 17
 00187 Roma
 Tel. +39 06 4981 1999
 Fax +39 06 4981 1999
 info@ai-engineering.it

Manens Intertecnica s.r.l.
 Via S. Maria della Pace, 17
 00187 Roma
 Tel. +39 06 4981 1999
 Fax +39 06 4981 1999
 info@manens.it

Geodata S.p.A.
 Via S. Maria della Pace, 17
 00187 Roma
 Tel. +39 06 4981 1999
 Fax +39 06 4981 1999
 info@geodata.it

ALLEGATO 2

Stratigrafie delle indagini geognostiche preesistenti utilizzate ai fini dell'inquadramento geologico ed idrogeologico.



ABRATE s.p.a.
OPERE SPECIALIZZATE

Sede Tecnico Amministr.: 10022 CARMAGNOLA (TO)
Via G. Agnelli, 71 - Tel. 011/971.23.95 - 977.12.92

Committente _____
Cantiere _____ - VIA GENOVA _____
Località TORINO Provincia _____
Perforazione iniziata il 23/10/1991 terminata il 24/10/1991
Deposito cassette c/o CANTIERE Scala 1:100

QUOTA s.l.m. _____
N. 1 N. _____

FORMAZIONI ATTRAVERSATE

PROFONDITÀ DAL p.c.	POTENZA DELO STRATO	SEZIONE STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO STABILIZ DELLE FALDE		METODO E Ø DI PERFORAZIONE	POSA	RIVESTIMENTI E LORO Ø	PERCENTUALE DI CAROTTAGGIO	R.Q.D.	PIEZOMETRO		INCLINOMETRO	S.P.T. IN FORO Prof. (m.) N. Colpi	POKET PENETR. Kg/cm ²	VANE TEST Kg/cm ²	Campioni		PROVE DI PERMEABILITÀ Prof. (m.) K = cm/sec	NOTE
				1	2						1	2					PROFONDITÀ PRELIEVO	CAMPIONATORE		
0.00							127													SGE 1
0.40	0.40		Conglomerato cementizio.																	
1.50	1.10		Terreno di riporto con mattoni abbondanti.																	
2.40	0.90		Ghiaia sabbiosa con ciottoli e subordina- to limo in matrice colore nocciola.																	
3.40	1.00		Ghiaia sabbiosa con limo e ciottoli subor- dinati, rari livelletti cementati, col. bruno.																	
5.00	2.60		Ghiaia con ciottoli (Ø max 10 cm) con fra- zione limoso-sabbiosa, presenza di livelli centimetrici debolmente cementati, colore nocciola-bruno.																	
7.10	1.10		Sabbia limosa con ghiaia fine e rari ciot- toli serpentinosi, colore da bruno a grigio.																	
9.90	2.80		Ghiaia sabbiosa con limo subordinato e ra- ri ciottoli, frequenti livelli centimetri- ci da mediamente a molto cementati, colo- re nocciola-grigio.																	
11.50	1.60		Limo sabbioso con ghiaia e ciottoli da debolmente a mediamente consolidato, colo- re bruno.																	
12.00	0.50		Limo sabbioso fine, tenero, col. bruno verdastro.																	

ROTAZIONE CON CAROTTAGGIO CONTINUO Ø 101 + 131 mm

70 + 90%

RAYMOND

PROFONDITÀ DAL p.c.	POTENZA DELLO STRATO	SEZIONE STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO STABILIZ. DELLE FALDE		METODO E Ø DI PERFORAZIONE	POSA	RIVESTIMENTI E LORO Ø	PERCENTUALE DI CAROTTAGGIO	R.Q.D.	PIEZOMETRO		INCLINOMETRO	S.P.I. IN FORO Prof. (m.) N. Colpi	POCKET PENETR. Kg/cm ²	VANE TEST Kg/cm ²	Campioni		PROVE DI PERMEABILITÀ Prof. (m.) K = cm/sec	NOTE	
				1	2						1	2					PROFONDITÀ PRELIEVO	CAMPIONATORE			
0.00							127														SGE 2
1.30	1.30		Terreno di riporto.																		
2.20	0.90		Sabbia e ghiaia con limo subordinato, colore nocciola-bruno.										3.00								
3.60	1.40		Ghiaia sabbiosa con limo subordinato e ciottoli (Ø max 10 cm), colore nocciola-bruno.										11-11-12								
6.30	2.70		Ghiaia sabbiosa debolmente limosa presenza di livelli centimetrici debolmente cementati, colore nocciola-bruno.										4.50								
													6.00								
7.70	1.40		Sabbia limosa con ghiaia, presenza di ciottoli serpentinosi (Ø max 15 cm) colore da bruno a grigio.										18-20-19								
8.80	1.10		Ghiaia limoso-sabbiosa con rari ciottoli (Ø 6+8 cm) colore nocciola-grigiastro.										8.50								
10.90	2.10		Ghiaia sabbiosa debolmente limosa con frequenti livelli centimetrici cementati, colore nocciola-grigiastro.										15-16-16								
11.90	1.00		Sabbia limosa debolm. ghiaiosa con ciottoli frequentemente alterati, colore bruno.																		
12.40	0.50		Sabbia limosa, colore bruno.																		
12.90	0.70		Limo debolmente sabbioso fine, assai plastico e tenero, colore bruno-verde.										13.00								
15.00	2.10		Limo sabbioso fine e livelli centimetrici di sabbia medio-fine debolmente limosa, tenero a tetto, più consistente verso il letto dello strato, colore nocciola.										4-7-6								
			Limo con ghiaia e ciottoli mediamente con-																		

NOTAZIONE CON CAROTTAGGIO CONTINUO Ø 131 + 101 mm

70 + 90%

RAYMOND

FORMAZIONI ATTRAVERSATE

PROFONDITÀ DAL PC	POTENZA DELLO STRATO	SEZIONE STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO STABILIZ. DELLE FALDE		METODO E Ø DI PERFORAZIONE	POSA	RIVESTIMENTI E LOFO Ø	PERCENTUALE DI CAROTTAGGIO	R.O.D.	PIEZOMETRO		INCLINOMETRO	S.P.I. IN FORO Prof. (m.) N. Colpi	POKET PENETR. Kg/cm ²	VANE TEST Kg/cm ²	PROFONDITÀ PRELIEVO	CAMPIONATORE	PROVE DI PERMEABILITÀ Prof. (m.) K = cm/sec
				1	2						1	2							
0.00																			
0.50	0.50		Terreno di riporto.																
1.00	0.50		Limo ghiaioso ciottoloso, colore bruno.																
2.50	1.50		Sabbia ghiaioso-limosa con rari ciottoli, colore nocciola grigiastro.																
3.90	1.40		Limo ghiaioso con passate debolmente sabbiose, colore bruno.										3.00 7-11-10						
4.60	0.70		Ghiaia sabbioso-ciottolosa, colore grigio clasti parzialmente alterati.																
5.00	0.40		Limo ghiaioso ciottoloso, colore grigio.																
5.70	0.70		Sabbia media ghiaioso-ciottolosa, colore bruno rossiccio.										6.00 4-7-13						
7.40	1.70		Sabbia e ghiaia limosa, con passate centimetriche debolmente cementate e livelli decimetrici a limo prevalente, col. nocciola																
9.20	1.80		Sabbia ghiaiosa eterometrica a clasti ben arrotondati, raramente fratturati, con livelli debolmente cementati, colore nocciola.										9.00 7-12-10						
10.70	1.50		Sabbia limoso-ghiaiosa con livelli decimetrici coesivi, presenza di rari ciottoli serpentinosi arrotondati, colore bruno.																
			Ghiaia e sabbia con frequenti ciottoli (cm 7+8) fratturati in matrice debolmente limosa, presenza di livelli centimetrici cementati, colore nocciola-grigiastro.										12.50 12-17-22						
15.00	4.30												15.00 14-19-23						

ROTAZIONE CON CAROTTAGGIO CONTINUO Ø 101 + 131 mm

70 + 100%

SGE 3

NOTE

OPERE DI...
 Sede Tecnica Amministrativa: 10022 CARMAGNOLA (TO)
 Via B. Agnelli, 71 - Tel. 011/871121 - 12.82

Località: ...
 Perforazione iniziata il 29/10/1991 terminata il 31/10/1991
 Deposito cassette: c/o CANTIERE Scala 1:100

QUOTA s.l.m. ...

AZIONI ATTRAVERSADE		DESCRIZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO STABILIZ. DELLE FAUCHE	METODO E Q. DI PERFORAZIONE	ROSA	INVESTIMENTI E LORO Ø	PERCENTUALE DI CAROTTAGGIO	R.O.D.	PREZOMETRO TIPO	INCLINOMETRO	SPT. IN FORO	POCKET PENETR. Kg/cm²	VALVE TEST Kg/cm²	PROFONDITÀ PRELIEVO	CAMPIONATORE	PROVE DI PERMEABILITÀ	NOTE
1	2		1	2					1	2	Prof. (m.)			Prof. (m.)	K - cm/sec		
0.15		Cemento e ferro.															SGE 4
0.85		Vuoto.															
0.50		Materiale di riporto.															
1.50		Limo debolmente plastico, colore bruno rossiccio.															
1.50		Limo sabbioso, colore nocciola-brunastro.															
1.10		Limo sabbioso-ghiaioso, col. nocciola scuro.															
0.40		Sabbia fine, colore nocciola.															
0.30		Sabbia e ghiaia con livelli cementati e limo subordinato in matrice, colore nocciola.									6.00						
		Sabbia media ghiaiosa, colore bruno.									8-8-5						
		Sabbia grossolana con livelli cementati e limo subordinato in matrice, colore nocciola.									8.00						
		Sabbia e ghiaia con ciottoli colorati alterati e/o sfatti, con varia percentuale limosa in matrice, colore bruno.									10-7-6						
		Ghiaia e sabbia con limo subordinato e ciottoli centimetrici cementati, presenza di limo subordinato in matrice, colore bruno.									12.00						
		Ghiaia sabbiosa con limo subordinato e ciottoli (Ø 6+8 cm, raramente più grandi) poligenici, color nocciola-grigiastro.									18-21-24						
		Sabbia e limo, colore bruno.									14.80						
		Limo debolmente plastico, da tenero a mediamente consistente, con livelli centimetrici sabbioso fini, colore nocciola, presenza di inclusi rossicci (resti vegetali).									20-19-28						
		Limo debolmente sabbioso fine, piuttosto consistente, colore nocciola presenza di una passata centimetrica di sabbia debolmente limosa a -18.40 m e di un livello decimetrico molto plastico a -18.80 m.									17.50						
											8-25-50						

ROTAZIONE CON CAROTTAGGIO CONTINUO Ø131 + 101 mm

70 + 100%

GEO DATA
 DATA: 24 DIC 1992
 COMMESSA: N. ORDINE: NOTE
 DESTINATARIO: PER CONOSCENZA:



**RADAELLI
CASTELLOTTI S.R.L.**
20060 Lisate (Mi) via G. di Vittorio, 2
tel. 02/95350100 (4 linee r.a.)
telex 312605 ERRECI I - telefax 02/95350316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.p.A.**

LOCALITA' **TORINO**

POSIZIONE **Centro Fiere**

QUOTA D'INIZIO **p.c.**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 152/130**

DATA: dal **06/08/90**

al **09/08/90**

S 1

Profondità (m)	Camp. tipo	Stratigrafia	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero	R.Q.D. %	Profondità manovra
0.10						
0.60			riporto: breccia grossolana (Ø max 12 cm) in deb. matrice sabbioso limosa grigia			
1.00			riporto: resti lateritici e breccia fine			
3.10			riporto: breccia medio fine e resti lateritici in matrice sabbiosa fine deb. limosa bruno grigiastrea			
4.50						
4.90			riporto: breccie eterogenee resti ferrosi e lateritici grossolani in abb. matrice limosa sabbiosa bruna sciolta			
5.60			riporto: conglomerato cementizio			
7.70			restis a struttura lateritica			
8.05						
9.50	A		cordolo di fondazione (conglomerato cementizio)			
9.70			conglomerato ben cementato ad elementi (Ø max 15 cm) e cementazione carbonatica. Pres. livel. di microconglomerato			
10.00			sabbia bruna con ghiaia e ghiaietto			
10.50	B		sabbia fine limosa grigiastrea loc. ingi. ghiaietto			
12.00			ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 12 cm) con tracce di cementazione ad elementi di conglomerato in matrice sabbioso limosa bruna loc. abbondante			
12.30	C		ghiaia medio grossolana e ciottoli (Ø max 10 cm) in deb. matrice sabbiosa bruno grigiastrea deb. cementata. Pres. interlivelli di conglomerato			
12.80			conglomerato poligenico ad elementi (Ø max 10 cm) e cemento arenaceo grigio. Pres. interlivelli di microconglomerato			
14.10						
15.30	D		sabbia medio fine limosa bruna con ghiaia e ghiaietto. Pres. interlivellotti di conglomerato			
18.50						
18.70			ghiaia ghiaietto ciottoli (Ø max 12 cm) e trovanti (pot. max 18 cm) in matrice sabbioso limosa bruna			
20.00						
20						
25						
30						

1, 2, 3 = camp. indisturbati
 s = Shelby d = Denison
 m = Mazier o = Osterberg
 p = percussione
 A, B, C = campioni rimaneggiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
 V.T. = vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.Q.D. = rock quality designation

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
09/08/90			-17.03				

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba			

ALLEGATI: 1



**RADAELLI
CASTELLOTTI S.R.L.**
20080 Liscate (MI) - via G. di Vittorio, 2
tel. 02/85350100 (4 linee r.a.)
telex 312605 ERRECI I - telefax 02/95350316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.p.A.**

S 2

LOCALITA' **TORINO**

POSIZIONE **Centro Fiere**

METODO DI PERFORAZIONE rot. 152/130

QUOTA D'INIZIO **P.C.**

DATA: dal **21/08/90**

al **23/08/90**

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometro (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero			R.O.D. %					
									20	40	80	20	40	80	90		
				0.00													
				0.40													
				2.00													
				2.30													
3	2			3.00													
4				4.00	A												
	50R			4.50													
				4.80													
				5.00													
				8.90													
				10.00													
				10.50	B												
8	8			11.00													
10				12.00													
				13.50													
3	9			14.00	C												
6				14.50													
				15.50													
16	14			16.60													
10				17.50	D												
				18.00													
23	17			19.00													
50R				19.40	E												
				20.00													
				25.00													
				30.00													

1, 2, 3 = camp. indisturbati
 s = Shelby d = Denison
 m = Mazier o = Osterberg
 p = percussione
 A, B, C = campioni rimaneggiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
 V.T. = vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 H.O.D. = rock quality designation

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
22/08/90	5.00	4.50	assente				
23/08/90	13.50	13.50	assente				

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba			

ALLEGATI: 1

USO DIAMANTE

1

2

3



**RADAELLI
CASTELOTTI S.R.L.**
20060 Liscale (M.) - via G. di Vittorio, 2
tel. 02/85350100 (4 linee s.m.)
telex 312605 ERRECI I - telefax 02/95350318

COMMITTENTE LINGOTTO S.p.A.

S 3

CALITA' TORINO

SIZIONE Centro Fiere

METODO DI PERFORAZIONE rot. 152/130

COTA D'INIZIO P.C.

DATA: dal 23/08/90 al 24/08/90

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometro (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero	R.Q.D. %	Profondità manovre perforaz.
									20 40 60 80	20 40 60 80	0
				0.00				conglomerato bruno limoso			
				0.80				conglomerato cementizio			
				1.20				ghiaietto ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa limosa marrone sabbia limosa marrone incl. raro ghiaietto			
				3.00				ghiaietto e ghiaia in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigia			
50R	3.00 9CM			3.00							
		4.00	A	5.00				ghiaietto ghiaia e ciottoli (Ø max 12 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigia			
				6.00				idem c.s. marrone bruno			
15 30				7.50							
5 3 4		8.30	B	9.00				sabbia da fine a finissima limosa marrone. Loc. pres. rari resti vegetali			
4 4 6				10.30							
6 5 7		10.50		11.20				sabbia limosa marrone bruno ingl. ghiaietto e rara ghiaia			
		11.60	C	12.00				sabbia fine limosa bruno nocciola loc. ingl. raro ghiaietto			
					15						
					20						
					25						
					30						

2, 3 = camp. indisturbati
Skelby d: Unison
Mazier o: Osterberg
percussione
B, C, D... = campioni rimanecciati

S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm
V.T. : vane test (Kg/cm²) max/residuo
R.Q.D. : rock quality designation

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba			

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
7/08/90	12.00	10.50	assente				

ALLEGATI:



**RADAELLI
CASTELLOTTI S.R.L.**
20080 Liscate (MI) - via G. di Vittorio, 2
tel. 02/95350100 (4 linee r.a.)
telex 312805 ERRECI - telefax 02/95350318

COMMITTENTE **LINGOTTO S.p.A.**

S5

CALITA' **TORINO**
SIZIONE **Centro Fiere**

METODO DI PERFORAZIONE rot. 152/130

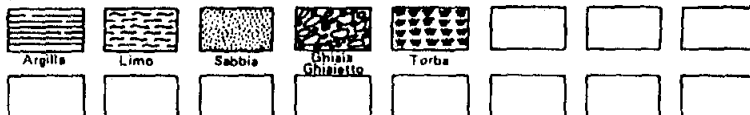
DATA D'INIZIO **P.C.**

DATA: dal **27/08/90** al **28/08/90**

Risultati prove in situ	prova S.P.T V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strat.	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometro (kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupera			R.Q.D. %			Profondità mancante perforat.
									20	40	80	20	40	80	
				0-10				conglomerato ciottolinoso							
				0.90				ghiaietto ghiaia ed elementi di riporto in matrice sabbiosa grigiastro							
				1.30				conglomerato cementizio							
				1.50				ghiaietto ghiaia ed elementi di riporto in matrice sabbiosa deb. limosa grigio nerastro							
				1.80				sabbia fine deb. limosa grigiastro passante a marrone							
24 17 23		3.00						ghiaietto ghiaia e rari ciottoli (φ max 9 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone bruna							
			A	4.00											
15 14 24		4.50						ghiaietto ghiaia e rari ciottoli (φ max 9 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigiastro							
13 20 12		6.00		6.00				ghiaietto e rara ghiaia in matrice sabbiosa deb. limosa marrone bruna							
			B	6.90											
18 25 15		7.50		7.50				sabbia fine deb. limosa bruno rossastra loc. ingl. ghiaietto							
7 14 3		9.00		9.00			0.8	ghiaietto ghiaia e rari ciottoli in matrice sabbiosa deb. limosa marrone bruna							
			C	9.50			0.9	sabbia fine limosa bruno nocciola ingl. ghiaietto							
				9.50				limo sabbioso bruno nocciola							
3 6 6		10.50		10.00				sabbia finissima limosa bruno nocciola verdastra ingl. un ciottolo (φ 9 cm) . Pres. rari interlivelli (pot. max 15 cm) di sabbia deb. limosa marrone ingl. raro ghiaietto							
				11.30				sabbia deb. limosa marrone bruna con ghiaietto e ghiaia							
				12.00											

2, 3 camp. indisturbati
Shelby d : Danison
Maxier o : Osterberg
percussione
B, C campioni rimanecciati

S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm
V.T. : svane test (kg/cm²) - max/residuo
R.Q.D. : rock quality designation



data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
08/90	6.00	6.00	assente				

ALLEGATI:



SEZIONE INDAGINI GEOTECNICHE
TORINO - VIA BARLETTA 180
TEL. 399 972 - 362.456

COMMITTENTE CITTÀ DI TORINO

CANTIERE Via Pio VII

SONDAGGIO n. 1

Iniziato il ultimato il

SOT 1

Quote s.l.m.	Profond. in mt.	Spessore degli strati in mt.	Campioni	Descrizione della natura del terreno	Colonna strati- grafica	Sistema e Ø del foro	Falde freatiche	ρ _{vB} V B taccabile Kg/cm ²	V B in situ Kg/cm ²	S.P.T. colpi/ 15 cm
	0.00									
	-2.00	2.00		Sabbia bruno scuro, ghiaia, ciottoli con terreno di ri- porto						
	-7.50	5.50		Ghiaia con sabbia fine gri- gia						
	-15.00	7.50		Ghiaia cementata da sabbia fine (conglomerato polige- nico).						
	-16.80	1.80		Sabbia bruna con ghiaia						
	-18.20	1.60		Ghiaia e sabbia debolmente cementata						
	-20.50	2.30		Ghiaia di varia natura e sabbia bruna debolmente limoso-argillosa-						

ROTAZIONE ϕ 90°/m

SICOS

SEZIONE INDAGINI GEOTECNICHE
TORINO - VIA BARLETTA 180
TEL. 399.872 - 362.456

COMMITTENTE CITTA' DI TORINO

CANTIERE Piazza Fabio Filzi

SONDAGGIO n. 2

SOT 2

Iniziato il

ultimato il

Quote s.l.m.	Profond. in mt.	Spessore degli strati in mt.	Campioni	Descrizione della natura del terreno	Colonna strati- grafica	Sistema e di del foro	Falde freatiche	P.P. o V.B. taccabi- le Kg/cm ³	V.B. in situ Kg/cm ³	S.P.T. colpi/ 15 cm
	0.00									
	-1.80	1.80		Terreno di riporto bruno ghiaioso sabbioso-argilloso						
	-4.00	2.20		Ghiaia di varia natura e sabbia sciolta						
	-5.50	1.50		Ghiaia con poca sabbia e ciottoli						
	-7.50	2.00		Ciottoli, ghiaia con sabbia						
	-10.00	2.50		Piccoli trovanti, ciottoli, ghiaia con sabbia						
	-12.00	2.00		Sabbia bruna con ghiaia e ghiaietto						
	-16.00	4.00		Sabbia, ghiaia con zone par- zialmente cementate						
	-20.00	4.00		Ghiaia parzialmente cementa- ta da sabbia bruna						

ROTAZIONE $\phi 90$ m

SICOS

SEZIONE INDAGINI GEOTECNICHE
TORINO - VIA BARLETTA 180
TEL. 399.872 - 382.456

COMMITTENTE CITTÀ DI TORINO

CANTIERE Corso Caduti sul lavoro angolo Via Ventimiglia

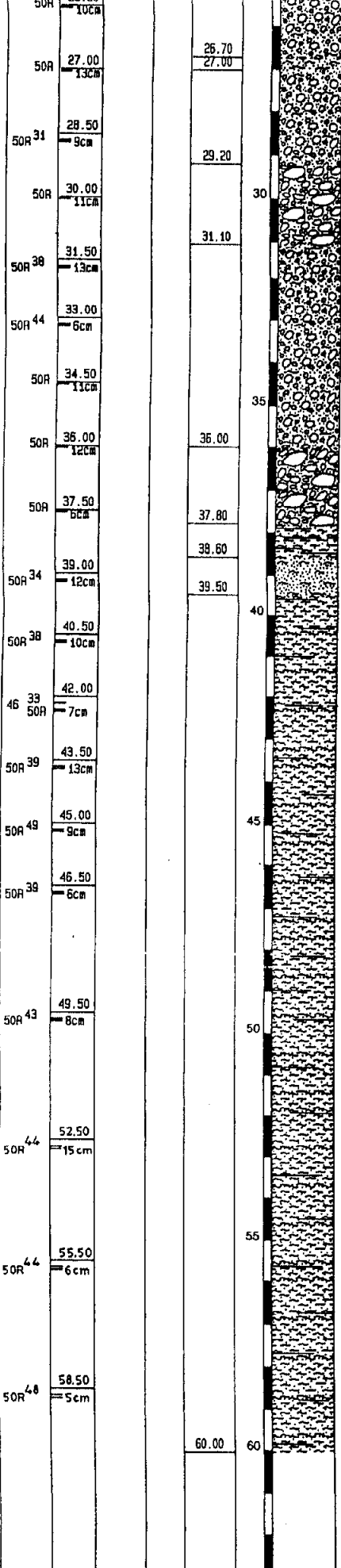
SONDAGGIO n. SOT 3

Iniziato il

ultimato il

Quote s.l.m.	Profond. in mt.	Spessore degli strati in mt.	Campioni	Descrizione della natura del terreno	Colonna strati- grafica	Sistema e Ø del foro	Falde freatiche	P.P. o V.S. tascabile Kg/cm ²	V.S. In situ Kg/cm ²	S.P.T. colpi/ 15 cm
	0.00									
	-1.20	1.20		Ghiaia con sabbia fine grigia, livelli ghiaiosi sabbiosi cementati						
	-2.00	0.80		Ghiaia e sabbia fine cementata con ciottoli e sabbia sciolta						
	-4.00	2.00		Ghiaia cementata da sabbia fine grigia						
	-5.30	1.30		ciottoli, ghiaia di varia natura, sabbia color bruno e grigio, in parte debolmente limosa; ghiaia e sabbia cementata compatta; piccolo trovante (20 cm)						
	-5.50	0.20		piccolo trovante						
	-7.50	2.00		Ciottoli (5-20 cm.), ghiaia, sabbia sciolta, livelli e zone ghiaiose-sabbiose cementate.						
	-10.00	2.50		Ciottoli, ghiaia, sabbia, piccoli trovanti (20 cm.)						
	-11.50	1.50		Sabbia fine bruna, con poco ghiaietto, in parte compatta						
	-13.00	1.50		Ghiaia, sabbia sciolta bruna con ciottoli						
	-14.50	1.50		Sabbia bruna fine compatta con poco ghiaietto color ruggine						
	-15.00	0.50		Ghiaia sciolta						
	-18.00	3.00		Sabbia cementata limo sabbioso debolmente argilloso con poco ghiaietto						
	-20.00	2.00		Sabbia molto fine, ghiaietto, ciottoli con livelli di sabbia bruna debolmente limosa						

ROTAZIONE + 90°



sabbia fine limosa nocciola

sabbia medio fine deb. limosa nocciola grigiastrea con ghiaia (ϕ max 5 cm) e ghiaietto loc. alterati

ghiaia medio grossolana ghiaietto e ciottoli (ϕ max 10 cm) in abb. matrice sabbiosa deb. limosa nocciola grigiastrea

sabbia media deb. limosa nocciola grigiastrea con ghiaia medio fine e ghiaietto loc. alterati

ghiaia (ϕ max 6 cm) ghiaietto e ciottoli (ϕ max 9 cm) loc. alterati in matrice sabbiosa medio fine limosa nocciola grigiastrea

limo sabbioso a leg. argilloso nocciola

sabbia fine limosa micacea grigia

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

1, 2, 3 ... : camp. indisturbati
 s : Shelby d : Denison
 m : Mazier o : Osterberg
 p : percussione
 A, B, C ... : campioni rimaneggiati

S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm
 V.T. : vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.O.D. : rock quality designation

data	prof.fara	prof.rivest.	livello acqua	data	prof.fara	prof.rivest.	livello acqua

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba				

ALLEGATI:



**RADAELLI
CASTELLOTTI S.R.L.**
20080 Licata (MI) - via G. di Vittorio, 2
tel. 02/96350100 (4 linee r.a.)
telex 312606 ERAECI I - telefax 02/96350316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.R.L.**

SP 2

LOCALITA' **TORINO - LINGOTTO**

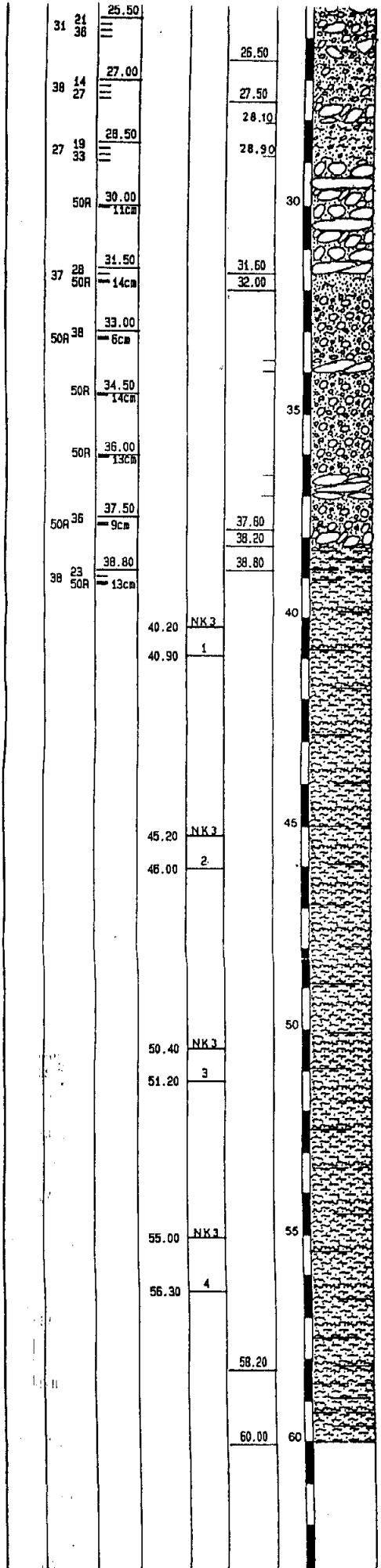
POSIZIONE **Centro Congressi - Cortile Interno**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 127/101**

DATA: dal **21/03/91** al **25/03/91**

QUOTA D'INIZIO **D.C.**

Risultati prove in situ	prova S.P.T V.T.	Profond. (ml)	Camp. tipo	Profond. strat. (m)	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometer (kg/cm²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero			R.Q.D. %			USO DIAMANTE
									20	40	60	80	20	40	
				0.70				battuto in cemento							
2 2 4	1.50			2.30				riporto : limo sabbioso deb. argilloso nocciola . Pres. interlivelli di breccia medio fine in matrice sabbiosa							
20 10 30	3.00			4.00				riporto : breccia varia pezzatura (Ø max 7 cm) in matrice sabbiosa fine limosa grigia							
34 29 45	4.50			6.00				ciottoli (Ø max 12 cm) ghiaia medio grossolana e ghiaietto in matrice sabbiosa fine limosa nocciola molto addensata loc. cementata							
37 27 43	6.00			6.60				sabbia fine limosa nocciola ingl. ghiaietto							
50R 35	7.50 8cm			7.40				ciottoli ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa nocciola loc. cementata							
46 38 48	9.00			10.40				sabbia medio fine limosa bruno nocciola loc. cementata con ghiaia medio fine e ghiaietto							
37 19 49	10.50			11.20				conglomerato poligenico ad elementi grossolani deb. cementato							
46 34 50	12.00			13.60				ghiaia medio grossolana ghiaietto e ciottoli (Ø max 12 cm) in matrice sabbiosa fine limosa bruno nocciola . Pres. interlivelli di conglomerato poligenico							
25 22 50	13.50			14.00				sabbia fine limosa bruno nocciola ingl. ghiaia e ghiaietto							
50R 29	15.00 13cm			15											
50R 38	16.50 9cm			20.00				ghiaia medio grossolana ghiaietto ciottoli (Ø max 12 cm) e trovanti (pot. max 20 cm) in matrice sabbiosa fine limosa bruno nocciola loc. cementata . Pres. interlivelli di conglomerato poligenico ben cementato e di sabbia fine limosa bruno nocciola							16.80 17.00
50R 38	18.00 10cm			20.00											18.00 18.20
50R 34	19.50 12cm			21.80				ghiaia (Ø max 4 cm) e ghiaietto in abb. matrice sabbioso limosa grigio nocciola							19.60 20.00
50R 42	21.00 9cm			21.80											22.10
36 28 50R	22.70 3cm			24.40				ciottoli (Ø max 12 cm) ghiaia trovanti (pot. max 25 cm) ed interlivelli di conglomerato in matrice sabbioso limosa grigio nocciola . Pres. tracce di alterazione							22.70
43 31 50R	24.20 10cm			26.50				sabbia medio fine deb. limosa grigio nocciola con ghiaia medio gross. e ciottoli (Ø max 7 cm) loc. alterati							24.00 24.20
31 21 36	25.50			27.50											
38 14 27	27.00			28.10				sabbia medio fine limosa grigio nocciola o biancastra per alterazione ingl. ghiaia e ghiaietto							
27 19 33	28.50			28.90											
50R	30.00 11cm			31.60				ghiaia medio grossolana ciottoli (Ø max 10 cm) e trovanti (pot. max 16 cm) in matrice sabbiosa medio fine deb. limosa grigio nocciola . Pres. interlivello di sabbia fine limosa ingl. ghiaietto							
37 28 50R	31.50 14cm			32.00											
50R 38	33.00 6cm							sabbia media deb. limosa bruno nocciola							



sabbia medio fine limosa grigio nocciola o biancastra per alterazione ingl. ghiaia e ghiaietto loc. alterati

sabbia medio fine limosa grigio nocciola o biancastra per alterazione ingl. ghiaia e ghiaietto

ghiaia medio grossolana ciottoli (ϕ max 10 cm) e trovanti (pot. max 18 cm) in matrice sabbiosa medio fine deb. limosa grigio nocciola. Pres. interlivello di sabbie fine limosa ingl. ghiaietto

sabbia media deb. limosa bruno nocciola

sabbia medio fine deb. limosa nocciola grigiastra con ghiaia (ϕ max 4 cm) e ghiaietto loc. alterati. Loc. pres. ciottoli (ϕ max 15 cm) e trovanti (pot. max 20 cm)

ghiaia e ciottoli alterati in matrice sabbiosa nocciola
limo sabbioso e leg. argilloso nocciola

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

limo sabbioso e leg. argilloso micaceo grigio

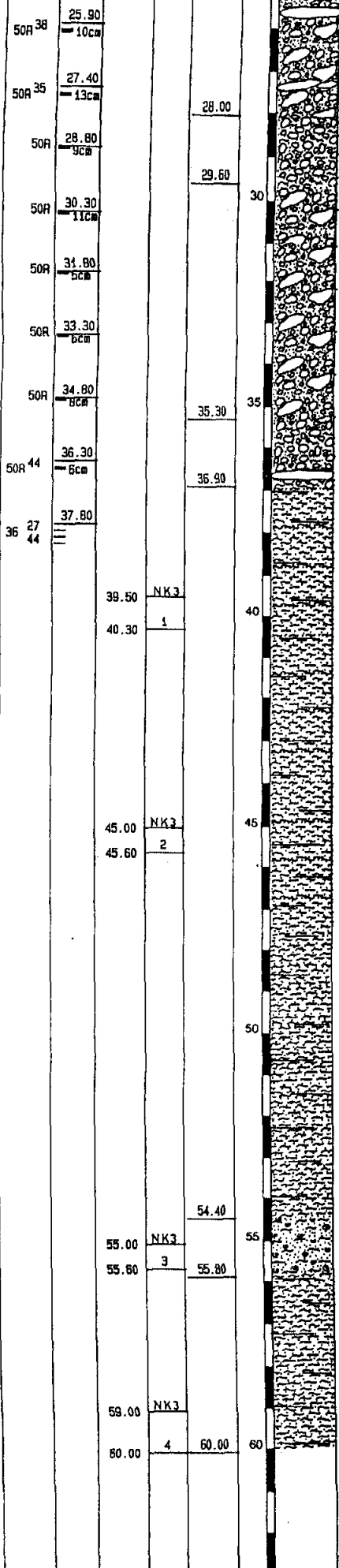
1, 2, 3 : camp. indisturbati
 s : Shelby d : Denison
 m : Mazier o : Osterberg
 p : percussione
 A, B, C : campioni rimaneggiati

S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm
 V.T. : vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.Q.D. : rock quality designation

data	prof.faro	prof.rivest.	livello acqua	data	prof.faro	prof.rivest.	livello acqua
22/03/91	24.00	24.00	- 12.10				
23/03/91	24.00	24.00	- 17.80				

Argilla	Limo	Sabbie	Ghiaia Ghiaietto	Torbe			

ALLEGATI:



sabbia medio fine deb. limosa bruno grigiastrea con ghiaia medio grossolana ghiaietto ciottoli (Ø max 14 cm) e rari trovanti loc. alterati

ghiaia (Ø max 4 cm) e ghiaietto loc. alterati in matrice sabbioso limosa nocciola brunastrea

sabbia medio fine deb. limosa nocciola grigiastrea con ghiaia medio grossolana ghiaietto e ciottoli (Ø max 12 cm) loc. alterati

ghiaia (Ø max 3 cm) e ghiaietto loc. alterati in matrice sabbioso limosa nocciola grigiastrea. Pres. tracce di sostanze organiche ed un trovante

limo sabbioso a deb. leg. argilloso grigio micaceo

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso grigio micaceo

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso grigio micaceo

sabbia medio fine limosa grigio chiara con abb. resti fossili

limo sabbioso a deb. leg. argilloso grigio micaceo

25.30
25.90

1, 2, 3 = camp. indisturbati				S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm			
s = Shelby		d = Danison		V.T. = vane test (Kg/cm ²) - max/residuo			
m = Mazier		o = Osterberg		R.Q.D. = rock quality designation			
p = percussione							
A, B, C, ... = campioni rimanezzati							
data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
26/03/91	30.00	30.00	p.e.	26/03/91	50.80	50.00	- 13.00
27/03/91	30.00	30.00	- 15.00				

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba				

ALLEGATI:

CALITÀ: **TORINO**
 SIZIONE: **Area parcheggio interrato**
 POTA D'INIZIO: **P.C.**









METODO DI PERFORAZIONE **Pod. 127/101**
 DATA: dal **21/06/91** al **25/06/91**

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strat.	Scala (m)	Stratigrafia	Pocket penetromete (kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero			R.Q.D. %			Profondità manovra perforaz.
									20	40	80	20	40	80	
				0-10				conglomerato limo-arenoso riporto: breccia medio fine (Ø max 6 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa bruno grigiastro. Pres. resti di mattoni							
				1.10				limo sabbioso marrone rossastro incl. rari ghiaia e ghiaietto							
				1.70				sabbia limosa marrone con ghiaia ghiaietto e rari ciottoli (Ø max 13 cm). Pres. tracce di alterazione							
				2.50											
33 18 38		3.70	A					sabbia deb. limosa grigiastro con ghiaia e ghiaietto							
50R 26	13cm	4.50													
7 12 10		6.00		6.00				ghiaietto e ghiaia (Ø max 6 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone rossastro							
5 6 4		7.50		7.50				sabbia finissima limosa marrone incl. rari ghiaia e ghiaietto							
		7.90		7.90											
50R 33	12cm	9.00	B					ghiaia ghiaietto ed elementi di conglomerato in matrice sabbiosa deb. limosa da marrone a marrone brunastra. Pres. interlivello di conglomerato a matrice arenacea							
		9.00													
		10.10		10.10				conglomerato a matrice arenacea cementato							
		10.20		10.20				conglomerato poligenico ad elementi medio grossolani a deb. cementazione carbonatica							
		10.80		10.80											
		11.80		11.80				sabbia medio fine deb. limosa marrone brunastra con ghiaia e ghiaietto							
		12.70		12.70											
18 40 22		14.00		14.10				sabbia da fine a finissima limosa marrone							
		16.00		16.00											
		16.50		16.50											
12 8 13		17.20	1s	17.00				limo sabbioso da marrone a marrone grigiastro							
		18.00		18.00											
		19.50		19.50				sabbia medio fine limosa da marrone a marrone rossastro. Pres. interlivelli di limo marrone							
24 13 19		19.80	C	20.00				idem c.s. bruna							
		20.00		20.00											
		25													
		30													

2, 3... : camp indisturbati
 Shelby : di Denison
 Mazier : di Osterberg
 percussione
 B, C... : campioni rimaneggiati

S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm
 V.T. : vane test (Kg/cm²) max/residuo
 R.Q.D. : rock quality designation

data	prof. foro	prof. rivest	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest	livello acqua
06/91	15.50	11.00	assente				
06/91	20.00	18.00	8.60				
06/91	PIEZOMETRO		14.40				

							
Argilla	Limo	Sabbie	Ghiaia Ghiaietto	Torba			

ALLEGATI: 1



RADAELLI CASTELLOTTI S.R.L.
 20060 Torrate (Mi) - via G. Vittoria 2
 tel. 02 95350100 (4 linee r.a.)
 telex 312605 ERRECI I - telefax 02 95350116

COMMITENTE **LINGOTTO S.P.A.**

Spi 2

LOCALITA' **TORINO**

POSIZIONE **Area parcheggio interrato**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 127/101**

QUOTA D'INIZIO **p.c.**

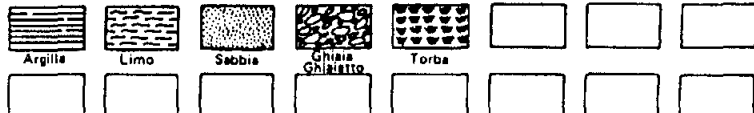
DATA: dal **03/07/91**

al **04/07/91**

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strat.	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometry (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero				R.Q.D. %				Profondità manovra perforaz.
									20	40	60	80	20	40	60	80	
				0.90				riporto: breccie medio fine elementi cementizi e resti plastici in matrice sabbiosa deb. limosa bruna									
				1.40				sabbia medio fine limosa marrone ingl. rara ghiaia e ghiaietto									
				2.20				sabbia media deb. limosa marrone loc. addensata con ghiaia (Ø max 6 cm) e ghiaietto									
24 50R	3.00 12cm																
30 30 34	4.50		A		5			sabbia media da deb. limosa e limosa marrone grigiastro con ghiaia ghiaietto e rari ciottoli (Ø max 10 cm). Pres. interlivelli di limo sabbioso grigiastro									
21 15 21	6.00																
35 24 40	7.50																
50R	9.00 10cm			8.40				sabbia limosa marrone con ghiaia (Ø max 4 cm) e ghiaietto									
				9.30													
50R	12.00 12cm		B		10			sabbia deb. limosa marrone con ghiaia (Ø max 6 cm) ghiaietto e rari ciottoli (Ø max 10 cm). Pres. interlivelli molto addensati o deb. cementati e localm. ghiaia alterata									
				14.70													
50R	15.00 5cm				15			ghiaietto e ghiaia (Ø max 6 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigiastro. Presenza interlivelli di sabbia media marrone									
50R	18.00 5cm		C		18.00			sabbia limosa marrone grigiastro con ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 12 cm)									
				20.00													
					20												
					25												
					30												

1, 2, 3 ... = camp. indisturbati
 s = Shelby d = Denison
 m = Mazier o = Osterberg
 p = percussione
 A, B, C ... = campioni rimaneggiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
 V.T. = svane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.Q.D. = rock quality designation



data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua

ALLEGATI:



RADAELLI CASTELLOTTI S.R.L.
 20060 Uscate (Mi) - via G. D. Vittorio 2
 tel. 02-95350100 (4 linee r.a.)
 telex 312605 RADCA I - telefax 02-95350316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.p.A.**

Spi 3

LOCALITA' **TORINO**
 POSIZIONE **Area parcheggio interrato**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 127/101**

DATA: dal **26/06/91** al **28/06/91**

QUOTA D'INIZIO **P.C.**

Risultati prove in situ	prove S.P.T V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strat.	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometro (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero			R.Q.D. %			Profondità manovre perforaz.
									20	40	60	80	20	40	
				0.20				conglomerato di conglomerato							
				1.30				riporto : breccia medio fine (Ø max 6 cm) in matrice sabbiosa bruno grigiastro							
				2.90				limo sabbioso marrone rossastro con ghiaia e ghiaietto							
25 16 23	3.00			4.00				ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigiastro							
50R 42	4.50 13cm	4.20	A	5.00				sabbia media deb. limosa marrone grigiastro con ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 8 cm) raramente (Ø 12 cm)							
13 11 18	6.00			6.00				ghiaietto e ghiaia (Ø max 5 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa brunastro							
15 15 30	7.50			7.40											
20 18 22	9.00	8.30	B	10.00				ghiaietto ghiaia e ciottoli (Ø max 15 cm) in matrice sabbiosa da deb. limosa e limosa bruna . Pres. ghiaia e ciottoli alterati e locali. elementi di conglomerato							
50R	10.50 7cm			11.00				conglomerato poligenico ad elementi medio-grossolani a matrice arenacea cementata							
				12.30				conglomerato poligenico ad elementi medio grossolani e deb. cementazione carbonatica							
				13.60				sabbia limosa bruno grigiastro con ghiaia e ghiaietto							
26 27 32	13.50			14.80				sabbia limosa marrone con ghiaia e ghiaietto loc. alterati . Pres. tracce di cementazione ed elementi di conglomerato							
				15.50				conglomerato poligenico ad elementi medio grossolani a matrice arenacea deb. cementata							
				16.30				ghiaia ghiaietto e rari ciottoli (Ø max 11 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone							
50R	18.00 9cm	17.80	C	18.10				limo sabbioso marrone con ghiaia e ghiaietto loc. alterati . Pres. rari ciottoli (Ø max 12 cm)							
				19.50				conglomerato poligenico ad elementi medio grossolani a matrice arenacea loc. alterato e degradato							
				20.00											
				25											
				30											

2, 3 ... = camp. indisturbati
 S. = Shelby d = Denison
 M = Mazier o = Osterberg
 = percussione
 B, C = campioni rimaneggiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
 V.T. = vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.Q.D. = rock quality designation

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba			

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
06.91	18.00	18.00	17.45				

ALLEGATI:



**RADAELLI
CASTELLOTTI S.R.L.**
20060 Liscate (Mi) - Via C. Di Vittorio, 2
Tel. 02/95350100 (4 linee) - Fax
Telex 314495 LITRI I.T. - Teletex 029535010

COMMITTENTE **LINGOTTO S.R.L.**

Spi 4

LOCALITA' **TORINO**

SITUAZIONE **Area parcheggio interrato**

METODO DI PERFORAZIONE **pot. 127/101**

QUOTA D'INIZIO **D.C.**

DATA: dal **01/07/91**

al **02/07/91**

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometro (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero	R.Q.D. %	Profondità manovra perforaz.
									20 40 60 80	20 40 60 80	
		0.20		0.20				CONGLOMERATO OLCIUMOSO			
		-1.70		-1.70				riporto : breccia media in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigiastra . Pres. elementi bituminosi e resti di mattoni			
50R 38	3.00 6cm	3.40	A	3.40				ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 8 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa da marrone a marrone grigiastra . Pres. tracce di cementazione			
25 15 40	4.50	4.00		4.00	5			sabbia media deb. limosa marrone chiaro con ghiaia loc. alterata ghiaietto e ciottoli (Ø max 11 cm) . Pres. trovante (pot. 20 cm)			
16 34 9	6.00	7.00	B	6.00				ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa limosa marrone rossastra			
4 5 4	7.50	8.30		8.30				sabbia media deb. limosa marrone chiaro con ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 13 cm)			
50R	9.00 7cm	10.90		10.90	10			CONGLOMERATO ad elementi medio grossolani a matrice arenacea deb. cementata			
50R	12.00 13cm	14.20	C	12.00				sabbia da deb. limosa a limosa marrone con ghiaia e ghiaietto loc. alterati . Pres. ciottoli (Ø max 12 cm) e localm. ghiaia alterata e degradata in sabbia grossolana bianca e verdastria			
50R	15.00 13cm	16.50		15.00	15			CONGLOMERATO ad elementi medio grossolani a matrice arenacea deb. cementata			
50R	18.00 7cm	18.00	D	18.00				sabbia medio grossolana limosa marrone brunastra con ghiaia e ghiaietto loc. alterati . Pres. rari ciottoli (Ø max 11 cm)			
		19.30		19.30	20			ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa marrone brunastra			
		20.50		20.50							
		25									
		30									

2, 3 : camp. indisturbate
Shelby d : Denison
Mazier o : Osterberg
percussione
B, C : campioni rimaneggiati

S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm
V.T. : s vane test (Kg/cm²) : max/residuo
R.Q.D. : rock quality designation

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
07.91	7.50	7.50	assente				



ALLEGATI: 1



RADAELLI CASTELLOTTI S.R.L.
 20060 Liscate (MI) - via G. Di Vittorio 2
 tel. 02/95350100 (4 linee r.a.)
 telex 312605 FRRECI1 telefax 02/95350316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.p.A.**

Spi 5

LOCALITA' **TORINO**
 POSIZIONE **Area parcheggio interrato**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 127/101**

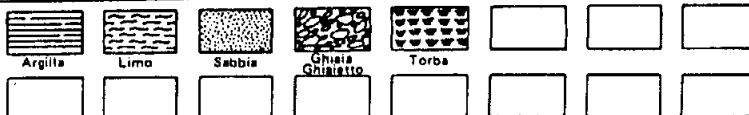
QUOTA D'INIZIO **p.c.**

DATA: dal **19/06/91** al **20/06/91**

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometer (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero				R.O.D. %				Profondità massima perforata		
									20	40	80	90	20	40	80	90			
				0.40				conglomerato cementizio con resti ferrosi											
				2.10				limo sabbioso marrone ingl. ghiaia e ghiaietto											
24 15 20		3.00																	
17 15 16		4.50																	
9 7 17		6.00	A	5.50			5	ghiaietto ghiaia e rari ciottoli (φ max 12 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa da marrone grigiastro a grigiastro											
26 28 37		7.50		7.60															
43 20 50R		9.00 10cm					10	sabbia deb. limosa da marrone grigiastro a grigiastro con abb. ghiaia (φ max 6 cm) ghiaietto e ciottoli (φ max > 10 cm). Loc. pres. deboli tracce di cementazione e spalmature nerastre											
25 40 16		12.00	B	11.40			12.00	ghiaietto ghiaia e ciottoli (φ max 12 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone localm. piu' abbondante											
50R		15.00 12cm		14.90			15	sabbia limosa da marrone a marrone grigiastro con abb. ghiaia (φ max 5 cm) ghiaietto e rari ciottoli (φ max 9 cm) in parte alterati e degradati in sabbia grossolana e limo verdastri e arancioni. Pres. interlivelli di sabbia medio grossolana e di conglomerato a matrice arenacea											
50R		18.40 4cm	C	15.70			17.10	conglomerato a matrice arenacea vacuolare deb. cementato											
				20.00			20												
							25												
							30												

1, 2, 3... : camp. indisturbati
 s : Shelby d : Denison
 m : Mazier u : Osterberg
 p : percussione
 A, B, C... : campioni rimanegeggiati

S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm
 V.T. : vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.O.D. : rock quality designation



data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
20.06.91	12.00	12.00	assente				
21.06.91	20.00	18.00	16.90				

ALLEGATI:

STRATIGRAFIA POZZO A

A

- 0 ÷ 0.40 metri battuto calcestruzzo (5 cm) e sottofondo ghiaioso - sabbioso
- 0.40 ÷ 1.35 metri suolo bruno sabbioso - argilloso (Campione 1).
- 1.35 ÷ 2.40 metri ghiaia con ciottoli (\emptyset max 15 cm) leggermente alterati con scarsa matrice sabbiosa - limosa bruna. I ciottoli, a spigoli arrotondati, sono rappresentativi di varie litologie (principalmente gneiss, micascisti, pietre verdi) (Campione 2).
- 2.40 ÷ 3.10 metri ghiaia e ciottoli (\emptyset max 25 cm) in matrice sabbiosa grigia (Campione 3).
- 3.10 ÷ 3.80 metri sabbia e ghiaia grigia con rari ciottoli (\emptyset max 15 cm) (Campione 4; centro finestra -3,35 metri da piano campagna).
- 3.80 ÷ 4.50 metri sabbia grossolana grigia con ghiaia e ciottoli (\emptyset max 15 cm) (Campione 5).
- 4.50 ÷ 8.50 metri sabbia grigia e ghiaia con ciottoli (\emptyset max 25 cm) con locali livelli decimetrici di sola ghiaia (Campione 6-7-8-9-10; finestre -5,22 metri e -8,23 metri).
- 8.50 ÷ 14.30 metri sabbia grossolana bruna con ghiaia sciolta molto addensata; ad una profondità di circa 11 metri è presente una lente di potenza decimetrica di conglomerato con estensione areale estremamente limitata (Campioni 11-12-13-14-15; finestre -11,10 metri e -13,02 metri).

STRATIGRAFIA POZZO B

B

- 0 ÷ 1.10 metri terreno di riporto (ciottoli Ø max 15 cm e ma cerie di laterizi con matrice limosa bruna).
- 1.10 ÷ 1.50 metri suolo argilloso bruno - rossastro limoso.
- 1.50 ÷ 2.10 metri ghiaia con abbondante sabbia grossolana bru na e rari ciottoli arrotondati con Ø max 10 cm. Gli elementi lapidei, leggermente alterati, sono rappresentativi di varie litologie (prin- cipalmente gneiss, micascisti, pietre verdi) (Campione 1).
- 2.10 ÷ 4.20 metri ghiaia con frequenti ciottoli Ø max 10 cm immersi in matrice sabbiosa grossolana grigia (Campioni 2-3; centro finestra -2,96 metri da piano campagna).
- 4.20 ÷ 6.70 metri idem precedente con ciottoli Ø max 25 cm (Campioni 4-5-6; finestra -4,86 metri).
- 6.70 ÷ 7.00 metri livelli cementati di ghiaia e sabbia grigia gros solana con ciottoli Ø max 10 cm alternati a li- velli di ghiaia e sabbia sciolta. I livelli cemen- tati sono molto discontinui lateralmente (Campioni 7-8).
- 7.00 ÷ 7.80 metri sabbia sciolta con ghiaia (Campione 9; fine- stra -7,36 metri).
- 7.80 ÷ 9.00 metri conglomerato fluviale poligenico fortemente ce mentato con ciottoli con diametro massimo 10 cm e rare lenti di ghiaia e sabbia sciolte; è estremamente resistente allo scavo (Campione 10).
- 9.00 ÷ 12.0 metri idem livello precedente ma non sono presenti lenti di materiali sciolti (Campione 11-12-13; finestre -9,58 metri e -11,95 metri).
- 12.0 ÷ 12.50 metri sabbia grossolana bruna sciolta fortemente ad densata con subordinata ghiaia (Campione 14).
- 12.50 ÷ 13.0 metri sabbia, ghiaia e ciottoli (diametro massimo 25 cm sciolte fortemente addensate (Campione 15).

13.0 + 14.15 metri conglomerato fluviale poligenico inizialmente poco cementato poi in profondità molto cementato e resistente allo scavo (Campione 16).

STRATIGRAFIA POZZO C

C

- 0 ÷ 1.00 metri terreno di riporto (ciottoli e macerie di laterizi in matrice limosa bruna).
- 1.00 ÷ 1.70 metri ghiaia con sabbia grossolana bruna e ciottoli Ø max 10 cm arrotondati leggermente alterati rappresentativi di varie litologie (principalmente gneiss, micascisti e pietre verdi) (Campione 1).
- 1.70 ÷ 3.80 metri ghiaia con ciottoli Ø max 10 cm in matrice sabbiosa grossolana grigia (Campione 2; centro finestra -3,33 metri da piano campagna).
- 3.80 ÷ 5.00 metri idem precedente con ciottoli Ø max 25 cm; a circa -4,80 m sono presenti rari ciottoli Ø 40 cm (Campioni 3-4).
- 5.00 ÷ 6.80 metri ghiaia con sabbia grossolana grigia con frequenti ciottoli Ø max 10 cm (Campioni 5-6; finestra -5,36 metri).
- 6.80 ÷ 9.00 metri conglomerato fluviale poligenico con ciottoli con diametro massimo 15 cm. Si tratta di un'alternanza molto regolare fra livelli potenti 20 ÷ 30 cm di depositi debolmente cementati e depositi fortemente cementati. Nel complesso il materiale è poco resistente allo scavo (Campioni 7-8-9-10-11, finestra -7,40 metri).
- 9.00 ÷ 11.00 metri alternanza come precedente, ma con presenza di una matrice sabbiosa fine marrone chiaro; i ciottoli si presentano di frequente intensamente alterati. Il materiale è poco resistente allo scavo (Campioni 12-13; finestre -9,44 metri e -11,53 metri).
- 11.0 ÷ 12.50 metri sabbia grossolana bruna e ghiaia sciolta (Campione 14).
- 12.50 ÷ 15.50 metri limo nocciola leggermente plastico con rari

ciottoli molto alterati con diametro 1 ÷ 2
cm (Campioni 15-16-17; finestra -12,86
metri).

15.50 ÷ 16.10 metri sabbia limosa bruna. Il passaggio fra
questo deposito ed il limo soprastante non
è netto ma avviene gradualmente. (Campio
ne 18).

Livello statico in data 25/09/89: - 15,70 da P.C.

ALLEGATO 3

Stratigrafie delle indagini geognostiche realizzate durante la campagna geognostica 2007 (settembre –novembre 2007).



Via Giovanni Agnelli, 71 - 10022 Carmagnola (To)
Tel. 0119724411 r.a. - Fax 0119771889
http://www.abrate.it - E-mail: info@abrate.it

Committente	Regione Piemonte	
Cantiere	Nuovo Palazzo della Regione	
Localita'	Torino - Ex Fiat Avio - Via Passo Buole	
Perforazione iniziata il		Terminata il
Dep. cassette	cantiere	Scala 1:150

SONDAGGIO	FOGLIO
St1	1/2
Il compilatore Dott. Mussa	

profondita' dal p.c. (m)	potenza dello strato	sezione stratigrafica	descrizione litologica	livello stab. della falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tipo a tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni ind. Shelby	campioni rimaneggiati	permeabilita' (cm/s)
2.90	2.90		Terreno di riporto ghiaioso sabbioso con ciottoli (diam. max 8-10 cm) e sporadici frammenti di laterizi, addensato.												
4.80	4.80		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 8-10 cm) in matrice sabbiosa addensata, presenza di fenomeni di cementazione; colore grigio chiaro.							6.00 18-22-25					
7.70	2.90		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 8-10 cm) in matrice sabbiosa limosa, mediamente addensata, presenza di fenomeni di alterazione e/o ossidazione di clasti e matrice; colore bruno scuro grigiastro.							9.00 15-20-22					
10.60	5.60		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 8-10 cm) in matrice sabbiosa debolmente limosa addensata, presenza di fenomeni di alterazione della matrice, presenza di rari trovanti cristallini decimetrici, presenza di sporadici fenomeni di cementazione; colore bruno grigiastro.			178 mm				12.00 R					
16.20	9.30		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 8-10 cm) in matrice sabbiosa a tratti limosa, addensata, presenza di intervalli decimetrici sabbiosi prevalenti, presenza di sporadici fenomeni di alterazione e/o ossidazione concentrati in livellin pluridecimetri; colore bruno grigiastro.	15.70	Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 mm sempl.					15.00 20-25-30					
25.50	1.50		Conglomerato da cementato a debolmente cementato, grossolano (diam. max 10-12 cm).							18.00 32-35-38					
27.00	5.00		Ghiaia eterometrica con sporadici ciottoli e trovanti cristallini decimetrici in matrice limosa sabbiosa abbondante e talora prevalente, da mediamente addensata ad addensata, presenza di fenomeni di alterazione e/o ossidazione della matrice; colore bruno chiaro.		131 t6										
32.00	5.00		Sabbia eterometrica con sporadica ghiaia sparsa, da mediamente addensata ad addensata, debolmente limosa; colore bruno scuro.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 mm sempl.	152 mm									
37.00															

La quota di inizio foro corrisponde al piano di calpestio del piazzale.



Via Giovanni Agnelli, 71 - 10022 Carmagnola (To)
Tel. 0119724411 r.a. - Fax 0119771889
http://www.abrate.it - E-mail: info@abrate.it

Committente	Regione Piemonte	
Cantiere	Nuovo Palazzo della Regione	
Localita'	Torino - Ex Fiat Avio - Via Passo Buole	
Perforazione iniziata il	_____	Terminata il _____
Dep. cassette	cantiere	Scala 1:150

SONDAGGIO	FOGLIO
St1	2/2
Il compilatore Dott. Mussa	

profondita' dal p.c. (m)	potenza dello strato	sezione stratigrafica	descrizione litologica	livello stab. della falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tipo a tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni ind. Shelby	campioni rimaneggiati	permeabilita' (cm/s)
37.00	5.30		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 4-6 cm) in solo quarzo, in abbondante matrice sabbiosa limosa talora prevalente, da addensata a molto addensata; colore variabile da da bruno chiaro a grigio scuro		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 mm sempl.	152 mm				39.00 24-25-28					
42.30 43.20	0.90		Limo debolmente sabbioso fine, consistente, debolmente alterato; colore bruno nocciola. limo debolmente sabbioso fine, a tratti debolmente argilloso, debolmente plastico, fossilifero (gasteropodi, bivalvi...), integro, consistente, omogeneo., presenza di intervalli lapidei decimetri carbonatici marnosi a 57,00 ma 57,25 m, da 63,60 m a 63,80 m; colore grigio scuro.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 mm sempl.	66 mm	90-100%								
68.00	12.00		Limo sabbioso fine, debolmente argilloso, debolmente plastico, integro ed omogeneo, fossilifero; colore grigio scuro.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 mm sempl.								68.00 Cl 68.50		
80.00															

La quota di inizio foro corrisponde al piano di calpestio del piazzale.

é stata eseguita prova pressiometrica Menard nell'intervallo da 48,00 m a 49,50 m



Via Giovanni Agnelli, 71 - 10022 Carmagnola (To)
Tel. 0119724411 r.a. - Fax 0119771889
http://www.abrate.it - E-mail: info@abrate.it

Committente	Regione Piemonte	
Cantiere	Nuovo Palazzo della Regione	
Localita'	Torino - ex Fiat Avio - Via passo Buole	
Perforazione iniziata il		Terminata il
Dep. cassette	cantiere	Scala 1:150

SONDAGGIO	FOGLIO
St4	1/2
Il compilatore Dott. Mussa	

profondita' dal p.c. (m)	potenza dello strato	sezione stratigrafica	descrizione litologica	livello stab. della falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tipo a tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni ind. Shelby	campioni rimaneggiati	permeabilita' (cm/s)
0.40	0.40		Soletta in cls.												
1.00	0.60		Terreno di riporto ghiaioso con frammenti decimetrici di laterizi, scarsamente addensato.												
1.30	0.30														
2.50	1.20		Soletta in cls.												
4.20	1.70		Terreno di riporto limoso ghiaioso consistente, debolmente plastico.												
5.80	5.80		Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa debolmente limosa scarsamente addensata, alterata; colore bruno scuro.							6.00					
10.00	2.00		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 8-10 cm) in abbondante matrice sabbiosa, presenza di sporadici fenomeni di cementazione, da addensata a molto addensata; colore grigio chiaro talora brunastro.							R					
12.00	1.00		Ghiaia eterometrica sabbiosa, mediamente addensata, con rare passate decimetriche alterate brunastre; colore grigio brunastro.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 mm sempl.	152 mm				9.00					
13.00	1.00		Intervallo grossolano di ghiaia ciottolosa (diam. max 8-10 cm) in matrice sabbiosa addensata; colore bruno giallastro.							32-R					
14.00	14.00		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 8-10 cm) in abbondante matrice sabbiosa limosa, presenza di sporadici fenomeni di alterazione della matrice, da addensata a molto addensata; colore bruno chiaro grigiastro.	15.70						12.00					
27.00	5.00		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 8-10 cm) e sporadici trovanti cristallini decimetrici in pietre verdi, in matrice sabbiosa limosa talora prevalente, molto addensata; colore grigio brunastro.							R					
32.00	9.20		Ghiaia sabbiosa e/o sabbia con ghiaia sparsa, da molto addensata ad addensata; colore bruno nocciola.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 mm sempl.	127 mm				15.00					
41.20										25-28-30					
										18.00					
										28-32-35					

La quota di inizio foro corrisponde al piano di calpestio del piazzale.

Il piezometro installato è del tipo a tubo aperto 2" in PVC.



Via Giovanni Agnelli, 71 - 10022 Carmagnola (To)
Tel. 0119724411 r.a. - Fax 0119771889
http://www.abrate.it - E-mail: info@abrate.it

Committente	Regione Piemonte	
Cantiere	Nuovo Palazzo della Regione	
Localita'	Torino - ex Fiat Avio - Via passo Buole	
Perforazione iniziata il		Terminata il
Dep. cassette	cantiere	Scala 1:150

SONDAGGIO	FOGLIO
St4	2\2
Il compilatore Dott. Mussa	

profondita' dal p. c. (m)	potenza dello strato	sezione stratigrafica	descrizione litologica	livello stab. della falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tipo a tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni ind. Shelby	campioni rimaneggiati	permeabilita' (cm/s)
41.20 41.70	0.50		Limo sabbioso argilloso consistente, debolmente laminato; colore bruno nocciola chiaro. Limo da sabbioso fine a debolmente sabbioso fine, a tratti debolmente argilloso, da consistente a molto consistente, raramente plastico, talora fossilifero; colore grigio scuro.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 mm sempl.	127 mm									
	38.30				Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 mm sempl.		90-100%						51.50 Cl1 52.00		
80.00															

La quota di inizio foro corrisponde al piano di calpestio del piazzale.

Il piezometro installato è del tipo a tubo aperto 2" in PVC.



Via Giovanni Agnelli, 71 - 10022 Carmagnola (To)
Tel. 0119724411 r.a. - Fax 0119771889
http://www.abrate.it - E-mail: info@abrate.it

Committente	Regione Piemonte	
Cantiere	Nuovo Palazzo della Regione	
Localita'	Torino - ex Fiat Avio- Via Passo Buole	
Perforazione iniziata il		Terminata il
Dep. cassette	cantiere	Scala 1:100

SONDAGGIO	FOGLIO
ST14	1\1
Il compilatore Dott. Mussa	

profondita' dal p.c. (m)	potenza dello strato	sezione stratigrafica	descrizione litologica	livello stab. della falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tipo a tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni ind. Shelby	campioni rimaneggiati	permeabilità (cm/s)
2.00	2.00		Terreno costituito da ghiaia sabbiosa limosa, frammenti pluricentrici di laterizi e cls, scarsamente addensato, sporadiche screziature nerastre.												
3.20	1.20		Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa, scarsamente addensata; colore brunastro grigiastro.												
6.00	2.80		Ghiaia eterometrica con rari ciottoli (diam. max 4-6 cm) in abbondante matrice sabbiosa a tratti debolmente limosa, presenza di fenomeni di cementazione, addensata; colore grigio brunastro.							6.00					
9.00	3.00		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 8-10 cm) in matrice limosa sabbiosa, da addensata a scarsamente addensata; colore bruno scuro.							4-12-14					
12.20	3.20		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 6-8 cm) in abbondante matrice sabbiosa a tratti debolmente limosa, presenza di fenomeni di cementazione, presenza di intervalli pluricentrici di conglomerato cementato, addensata; colore grigio brunastro.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 131 mm sempl.	178 mm				9.00					
15.30	3.10		Ghiaia eterometrica con rari ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa, da addensata a molto addensata, presenza di fenomeni di alterazione e/o ossidazione di clasti e matrice, presenza di livelli centimetrici di conglomerato cementato, presenza di screziature verdastre e biancastre; colore bruno scuro grigiastro.							15-21-29					
20.00	4.70		Ghiaia sabbiosa e/o sabbia ghiaiosa con rari ciottoli (diam. max 4-6 cm), debolmente limosa, addensata; colore bruno scuro.	18.00						12.00					
31.10	11.10		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 6-8 cm) e rari trovanti decimetrici cristallini in pietre verdi, in abbondante e talora prevalente matrice sabbiosa limosa, da addensata a molto addensata, sporadici fenomeni di cementazione; colore bruno talora grigiastro.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 mm sempl.	127 mm	90-100%			11-33-R					
32.80	1.70		Sabbia media, da mediamente addensata ad addensata; colore bruno ocra giallastro.							15.00					
35.00	2.20		Sabbia grossolana con raro ghiaietto sparso, scarsamente addensata; colore grigiastro brunastro.							17-R					
39.50	4.50		Ghiaia eterometrica con ciottoli in solo quarzo (diam. max 8-10 cm) in abbondante matrice sabbiosa limosa a tratti debolmente argillosa, molto addensata; colore grigio scuro.							21.00					
40.00	0.50		Limo debolmente argilloso debolmente sabbioso fine, debolmente organico, consistente; colore grigio scuro.							7-12-22					

La quota di inizio foro corrisponde al piano di calpestio del piazzale.

Non è stato possibile realizzare la prova pressiometrica Menard a causa dell'instabilità del foro.



Via Giovanni Agnelli, 71 - 10022 Carmagnola (To)
Tel. 0119724411 r.a. - Fax 0119771889
http://www.abrate.it - E-mail: info@abrate.it

Committente	Regione Piemonte	
Cantiere	Torino - Nuovo Palazzo della Regione	
Localita'	Torino - ex Fiat Avio - Via Passo Buole	
Perforazione iniziata il		Terminata il
Dep. cassette	cantiere	Scala 1:150

SONDAGGIO	FOGLIO
ST15	1\1
Il compilatore Dott. Mussa	

profondita' dal p.c. (m)	potenza dello strato	sezione stratigrafica	descrizione litologica	livello stab. della falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tipo a tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni ind. Shelby	campioni rimaneggiati	permeabilita' (cm/s)
0.50	0.50		Soletta in cls con sottofondo ghiaioso ciottoloso grossolano.												
1.50	1.50		Terreno di riporto ghiaioso limoso sabbioso addensato, con diffuse screziature nerastre e ocre maleodoranti.												
2.00	4.00		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbiosa addensata, presenza di fenomeni di cementazione; colore grigio chiaro.												
6.00	8.50		Ghiaia eterometrica con rari ciottoli (diam.max 4-6 cm) in matrice sabbiosa limosa, da addensata a molto addensata, presenza di sporadici fenomeni di cementazione; colore grigio brunastro.							6.00 11-39-R 9.00 19-R 12.00 16-28-39 15.00 10-19-28					
14.50	5.00		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice limosa sabbiosa, da addensata a molto addensata, presenza di fenomeni di alterazione e/o ossidazione della matrice; colore grigio bruno.	15.20	Rotazione a carotaggio continuo 131 mm sempl.	178 mm									
19.50	10.50		Ghiaia eterometrica con sporadici ciottoli (diam. max 8-10 cm) e rari trovanti cristallini decimetrici, in abbondante matrice sabbiosa limosa, molto addensata; colore bruno scuro.				90-100%			21.00 12-28-26					
30.00	1.70		Ghiaia eterometrica in matrice limosa sabbiosa mediamente addensata; colore grigio scuro.		Rotazione a carotaggio continuo diam. 101 mm sempl.	127 mm									
31.70	2.30		Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa debolmente argillosa, addensata, presenza di diffusi fenomeni di alterazione e/o ossidazione; colore bruno giallastro.												
34.00	4.00		Sabbia debolmente ghiaiosa fine, debolmente limosa, da addensata a scarsamente addensata; colore bruno grigio.												
38.00	2.00		Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa, fortemente alterata, riconoscibili solo i clasti di quarzite, mediamente addensata; colore grigio chiaro.												
40.00															

La quota di inizio foro corrisponde al piano di calpestio del piazzale.



Via Giovanni Agnelli, 71 - 10022 Carmagnola (To)
Tel. 0119724411 r.a. - Fax 0119771889
http://www.abrate.it - E-mail: info@abrate.it

Committente	Regione Piemonte	
Cantiere	Nuovo Palazzo della Regione	
Localita'	Torino - ex Fiat Avio - Via Passo Buole	
Perforazione iniziata il		Terminata il
Dep. cassette	cantiere	Scala 1:150

SONDAGGIO	FOGLIO
St16	1\1
Il compilatore Dott. Mussa	

profondita' dal p.c. (m)	potenza dello strato	sezione stratigrafica	descrizione litologica	livello stab. della falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tipo a tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni ind. Shelby	campioni rimaneggiati	permeabilita' (cm/s)
1.00	1.00		Solette in cls armato intervallati a terreni di sottofondo ciottolosi sabbiosi.												
2.00	0.60		Terreno di riporto sabbioso ghiaioso limoso, con subordinati frammenti centimetrici di laterizi, presenza di screziature nerastre, scarsamente addensato.												
2.60	4.30		Limo sabbioso debolmente ghiaioso fine, scarsamente consistente; colore bruno scuro.												
6.90	1.10		Ghiaia eterometrica con rari ciottoli (diam. max 4-6 cm) in abbondante matrice sabbiosa a tratti debolmente limosa, da addensata a scarsamente addensata, presenza di diffusi fenomeni di alterazione e/o ossidazione di clasti e matrice, presenza di screziature biancastre; colore brunastro grigiastro.							6.00 7-15-18					
8.00	1.50		Ghiaia eterometrica con rari ciottoli (diam. max 4-6 cm) in abbondante matrice sabbiosa limosa, da addensata a scarsamente addensata, presenza di diffusi fenomeni di alterazione e/o ossidazione di clasti e matrice, presenza di screziature biancastre; colore bruno scuro.							9.00 18-R					
9.50	9.50		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa addensata, presenza di sporadici fenomeni di cementazione; colore grigio.							12.00 R					
19.00	1.60		Conglomerato cementato grossolano (diam. max 12-15 cm), da fortemente cementato a cementato.							15.00 16-24-33					
20.60	5.40		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa limosa talora prevalente in intervalli decimetrici debolmente laminati, da addensata a scarsamente addensata; colore bruno scuro.		131 T6		90-100%			18.00 18-25-R					
26.00	7.00		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice sabbiosa limosa talora prevalente in intervalli decimetrici debolmente laminati, da mediamente addensata ad addensata; colore bruno scuro.												
33.00	1.50		Sabbia emdio fine, da addensata a scarsamente addensata; colore bruno chiaro.							33.00 5-10-12					
34.50	3.90		Sabbia eterometrica con raro ghiaietto sparso, da molto addensata a scarsamente addensata.												
38.40	1.60		Ghiaia eterometrica con soli ciottoli di quarzo (diam. max 6-8 cm) in abbondante e talora prevalente matrice limoso sabbiosa, molto addensata; colore grigio scuro.												
40.00															

La quota di inizio foro corrisponde al piano di calpestio del piazzale

ALLEGATO 4

RICCI, G., ENRIONE, R., EUSEBIO, A., CROVA, R. 2007. "Numerical modelling of the interference between underground structures and aquifers in urban environment. The Turin subway – Line 1". Underground Space – the 4th Dimension of Metropolises.

Numerical modeling of the interference between underground structures and aquifers in urban environment. The Turin subway - Line 1

G. Ricci, R. Enrione, A. Eusebio
Geodata S.p.A. Turin, Italy

R. Crova
GTT S.p.A. Gruppo Torinese Trasporti, Turin, Italy

ABSTRACT: A case study is presented where the construction of underground structure is expected to interfere with unconfined aquifer: the design of the Metro Line 1 in Turin (Italy), where deep retaining structures have to be built for the stations. A full range of water table monitoring data were collected and analyzed. In addition to this a hydrogeological modeling approach has been developed, to simulate the groundwater-structures interference. A site investigation program provided the model geometry data (geological inputs) and intrinsic hydrogeological properties for the aquifer. Firstly, a regional modeling was performed, to obtain the starting conditions for the local model (works scale). Subsequently, with the local model, the interference between groundwater flow and structures was computed. The results were coupled with the long-term data monitoring and the information on the historical groundwater table level in order to allow the designer to define the appropriate countermeasures and interventions to be taken for both the construction and the exploitation phase.

1 INTRODUCTION

The city of Turin is an urban environment where new infrastructure and transport network (local railway, parking and metro line) are being increasingly developed underground. Such development is increasingly occupying a space never or poorly used before. The first metro line (Line 1) has been designed and constructed in the last five years. The line is crossing the city from east to west passing through a heavily urbanized area where both existing and new underground works are present.

Logistical and functional needs were considered to choose the alignment (in plan), on the other hand (in depth), such choice had to cope with critical constraints that the project design had to properly face and solve. One of these critical issues is the hydrogeological scenario, because the metro works are interfering with an unconfined aquifer.

2 THE LINE 1 OF THE TURIN SUBWAY NETWORK

The Line 1 is the first Metro Line ever constructed in the city of Turin and is divided into two sections (Fig. 1). Section I connects the town of Collegno, on the city's western outskirts, to the Porta Nuova railway station in the city centre. It includes 9.5 km of running tunnels, 15 stations and 15 ventilation and

emergency-access shafts in-between stations. Section II runs entirely in the urban area of Turin with 4 km tunnel length and 6 stations.

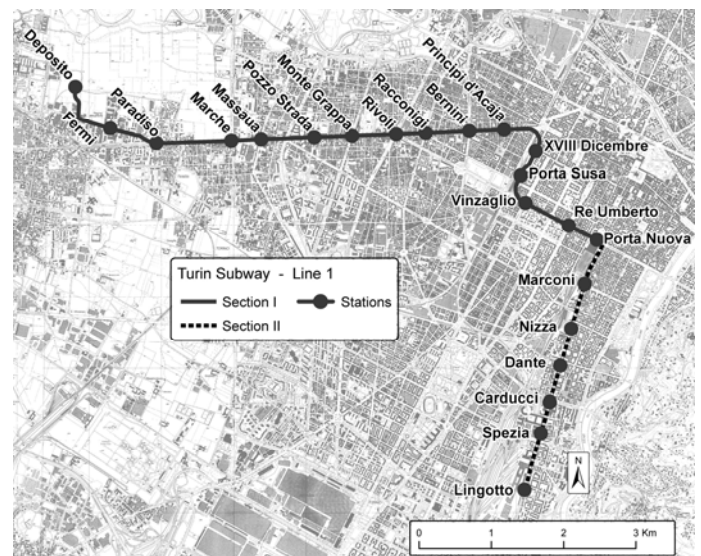


Figura 1. The Turin Subway Line 1.

This article will refer to Section II and particularly to the problems due to the interference between the underground works and the unconfined aquifer.

3 GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL SETTING

3.1 Geology

The town area of Turin is placed in an alluvial plain built up by numerous contributions of alluvial fans located at the Alpine valley mouths of Dora Riparia and Stura di Lanzo rivers. Alluvial fans are composed by outwash deposits that were partially reshaped by the fluvial activity of the rivers that cross the town area (Po, Stura di Lanzo, Dora Riparia e Sangone).

Geological stratigraphy (Bonsignore et al. 1969) of the area shows the following units described starting from surface:

- outwash and Quaternary fluvial deposit (Riss Glacial Period): gravels, pebbles and sands in a silty matrix. The deposit is from 30m to 40m thick and is generally loose except for some cemented lens of conglomerates.
- lacustrine and fluvio-lacustrine deposit of Villafranchiano (Sacco, 1886): clayey silts with sandy gravel lens poorly cohesive. The thickness of the deposit varies from 40m to 150m.
- neritic marine deposits from Pliocene: clayey silts, silty sands and fine blue and grey sands moderately cohesive. Maximum thickness is about 40m-50m.

While the first Quaternary deposit (outwash and fluvial deposit) is wide-spread and represents the first unit in the town area, both the Villafranchiano and the Pliocene deposits are underlying the Quaternary outwash and fluvial deposit. This is due to local uprising and differential erosion of the Villafranchiano at the beginning the Quaternary Period. As a result, both Villafranchiano lacustrine and fluvio-lacustrine deposits and neritic marine deposits from Pliocene can be found under the outwash and Quaternary fluvial deposits.

3.2 Hydrogeology

With reference to tunnel depth, that varies from -12m to -25 (railway level), the hydrogeological setting shows an unconfined aquifer located in the outwash and fluvial quaternary deposits. This aquifer is confined below by a thick layer of low permeability deposit (clayey silts located at the top of Villafranchiano) and has a saturated thickness from 15m to 25m. In the area of the Section II of the Metro Line, depth to water ranges from -12m to -15 below ground level. The unconfined aquifer is recharged from the west side while direct infiltration (from rainfall) in the urban area is almost totally intercepted by the city water drainage system. In the town area the Po river bed is located at a lower level and acts as a drain to the groundwater of the unconfined aquifer. This role is confirmed by the relationship between the water table contour lines and the

river water level, which crosses the town flowing from South to North-East. Groundwater mean flow direction is oriented ESE (120°N) and locally diverges because of permeability anisotropies that creates converging and diverging flow paths. Hydraulic gradient varies from 0.25% (mean value in the centre of the town) to 0.7% - 0.8% approaching the Po river bed (Fig. 2). Piezometric level is located at about -15m from ground level and the natural phreatic fluctuation is about of ± 1.5 m as response to rainfall input.

It must be pointed out that during ancient times (Eighteenth Century) phreatic level was probably about from 4m to 5m higher than current level. This fact is confirmed by the presence of ancient adits of the underground defence system of the city (excavated just above water level) and by some historical water well found below the old town building foundations. Moreover, in the last five decades the unconfined aquifer has been exploited for industrial purposes, causing a widespread lowering of the water table. In the last twenty years the displacement of many industrial factories from the town has decreased water extraction rate and, consequently, this fact has allowed the water table to slowly rise back towards the "unexploited" level. Nevertheless, water table monitoring data collected in the last twenty years have clearly shown that the water table uprising rate, due to the cease of industrial exploitation, has notably dropped especially in the last 10-15 years. This evidence suggests that current water table will probably never reach the pristine level referred to the ancient times. An explication to this could be the urbanization of the town area that has practically led to a minimum groundwater recharge from precipitation that is now canalised in the main drain system and discharged in the Po river.

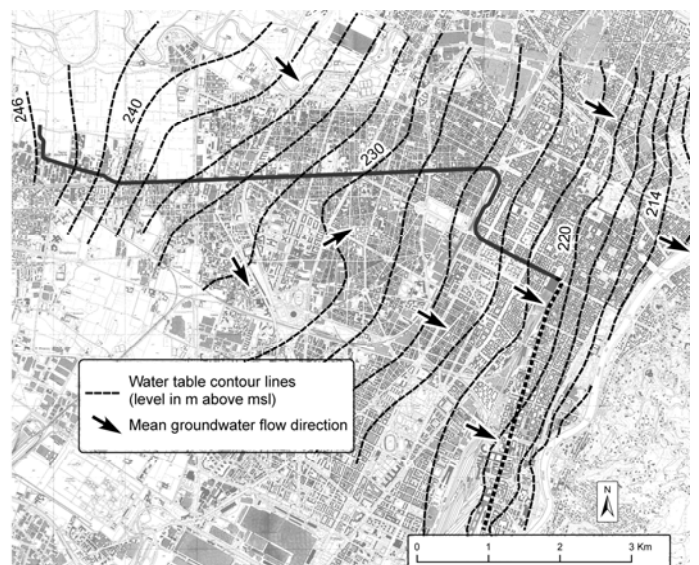


Figure 2. Water table contour in the Turin area (level in m above msl) and mean flow direction.

By the way, the design of such an important underground work has to deal with very long time sce-

narios, therefore the "historical" level of the water table has to be considered and then taken into account in the design of the infrastructure.

4 HYDROGEOLOGY TESTING AND WATER HEAD MONITORING

4.1 Water test

A full range of permeability tests were performed during the site investigation campaigns carried out in the design phase of project.

- over 50 Lefranc permeability tests were performed in 25 boreholes (core boring drilling), distributed along the Section II. Water tests were performed at different depths in order to investigate hydraulic properties both in the outwash and fluvial deposits and in the low permeability Villafranchiano deposits.
- n. 2 long-time water pumping tests (Fig. 3) were performed in the outwash and fluvial deposit with ad-hoc excavated wells. Each well had water table drawdown monitoring devices installed in two piezometer located at close distance.

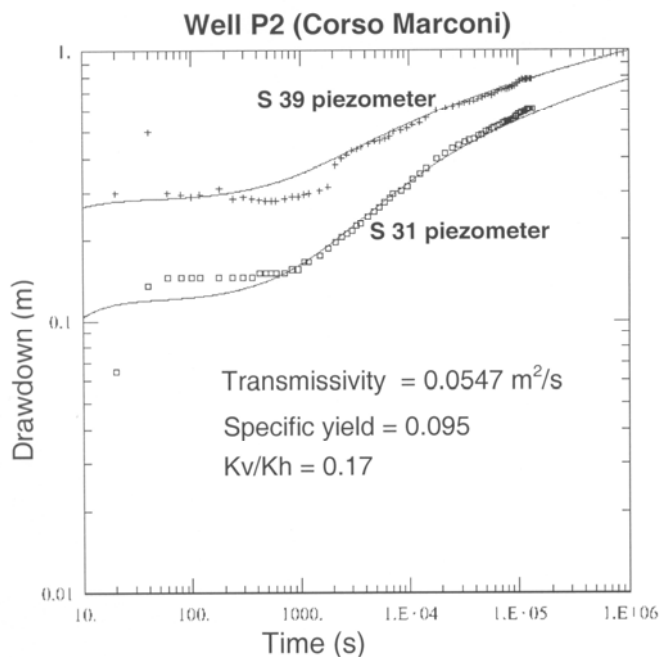


Figure 3. Water pumping test in water well P2 (Corso Marconi). Drawdown vs Time chart with interpolation curve (Neuman, 1975) and hydraulic properties.

The water test results have showed that the Quaternary deposits have medium to high permeability while the underlying Villafranchiano top layer has low to very low permeability. Table 1 below summarises the permeability range for both units.

These permeability test results clearly show that the aquifer in the Quaternary outwash and fluvial deposits has good permeability while it is confined below the by low permeability layer of the top of the Villafranchiano deposit.

Table 1. Hydraulic properties of Hydrogeological Units.

Unit	Outwash and fluvial Dep. (Quaternary)	Fluvio lacustrine Dep. (Villafranchiano)
k (m/s)	$1.0E^{-05} \div 3.0E^{-03}$	$5.0E^{-06} \div 1.0E^{-08}$
k_v/k_h	0.1 \div 0.01	n.d.

4.2 Water head monitoring

Water head monitoring on the Metro Line 1 wide area has been systematically carried out starting from the beginning of the design phase. Open pipe piezometers were installed in most of the drilled boreholes, where a monthly monitoring activity was initiated. Some piezometers were instrumented with continuous monitoring devices set to 12 hours data recording (Fig. 4), in order to monitor little water table fluctuations in response to recharge input.

Moreover, together with the site investigation campaign and water table monitoring activity, an extensive research of all piezometric level data has been carried out on the whole urban area of Turin. More than 250 data were acquired, referring to water wells or piezometers drilled in different times (from '60s to '90s); most of them are now destroyed and not measurable anymore. Anyway, the significance of the data is important to the understanding of the long-term water table fluctuations.

This activity has also comprised the reconstruction of the "ancient" water table level, determined on the level of the ancient water wells discovered in the old part of the city. These data together with 3D reconstruction of the underground defence adits network (excavated just above water table level) has indicated that the historical groundwater level (referred to XVIII century) could have been some 4-5m above current level. It must be said that this hypothesis is based on few observations and on the assumption that water table geometry and mean flow direction hasn't drastically changed over the times.

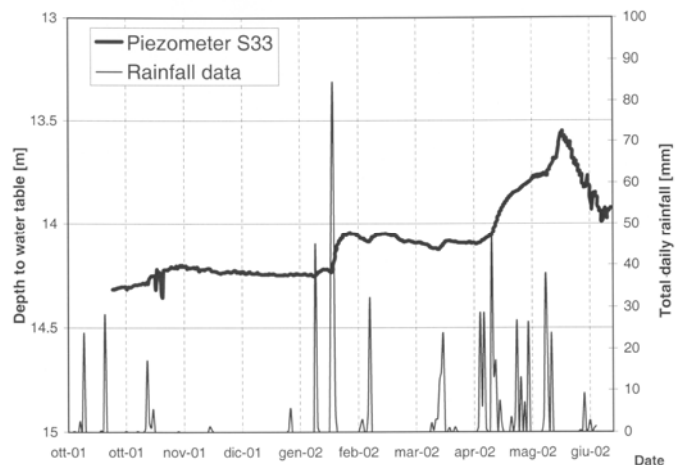


Figure 4. Groundwater table monitoring data (continuous recording) and daily rainfall data recorded in piezometer S33.

All the monitoring data have allowed to delineate with a great accuracy the current groundwater table which was used as a reference for the numerical modelling.

5 DATA MANAGEMENT

In order to have a unique platform to store, analyse and manage all the different data, a GIS was implemented. Such a common platform has allowed to analyse in 3D the design data such as the tunnel alignment, deep founded stations and other existing underground infrastructures together with geological and hydrogeological features such as the bottom of the highly permeable unit and the groundwater table. The aim was to highlight the potential critical scenarios where a numerical model should be employed in order to quantify the interference between the underground works and the groundwater table.

GIS data file formats were fully compatible with numerical modelling software so as to allow a fast setting of input parameters. The same GIS platform has already been employed in the construction management of the Section I to collect and manage excavation parameters (TBM) together with externally collected monitoring parameters (settlements, vibrations and water table fluctuations).

6 NUMERICAL MODELING

6.1 Problem statement

When an underground structure is constructed below water table it may cause a partial or total reduction of groundwater flow. Considering that the structure is totally impermeable it acts like a "barrier" to the flow. This causes (Fig. 5) an uprise of the water table along the side of the structure (upflow side) and a symmetrical lowering of the water table on the other side (downflow side). The entity of this interference is proportional to some factors such as the length of the structure, the angle of incidence between groundwater flow direction and the structure, the thickness of the free hydraulic section under the structure, the permeability of the media and the aquifer recharge condition.

The design of Section II of the Metro Line foresees interferences with groundwater table for most of its total length. The tunnel direction is perpendicular to mean flow direction causing, theoretically, the maximum possible interference. Some stations (Marconi and Spezia) have deep foundations that are driven so deep almost reaching the low permeability layer, causing a reduction of the hydraulic section.

The potential interference of the deep structures with the aquifer created some concern to the client because potential significant increase of water level in the long term may require heavier design with

consequent cost increase. Hence, it was necessary to estimate the real, expected entity of this potential increase of water level. To respond to this need, the 3D numerical modelling was naturally the best approach.

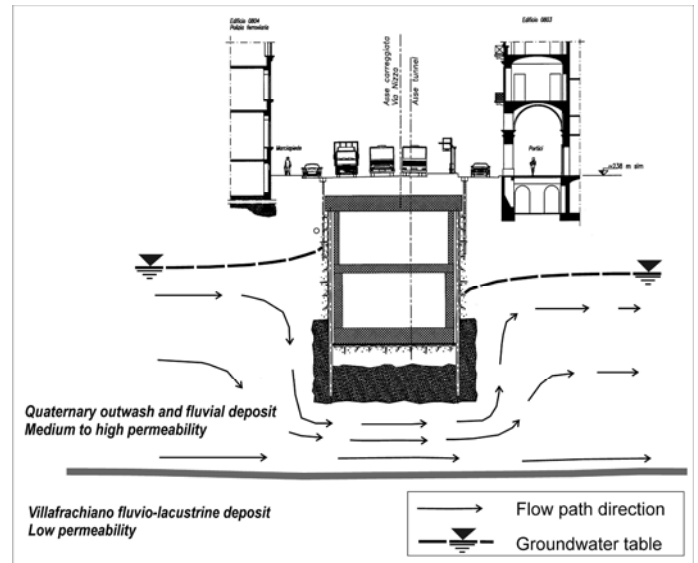


Figure 5. Partial obstruction of groundwater flow caused by a deep founded structure (not in scale).

The numerical code employed was MODFLOW (McDonald e Harbaugh, 1988 & 1996) a finite difference model with a user-friendly interface (GMS 3.1 Groundwater Modelling System, Boss International, 2001) able to perform geostatistical data treatment of input parameters.

The model applied was suitable to the hydrogeological setting because the aquifer is a typical porous media characterised by a fair homogeneity. In addition, the two hydrogeological units have little inclined surfaces and moreover, the metro line alignment is easily reproduced by finite difference models that are constrained to a rectangular grid.

6.2 Large scale numerical modelling

A groundwater numerical model must reproduce, in practical terms, the groundwater flow conditions as highlighted by the conceptual hydrogeological model, based on field observations.

In this case, the numerical modelling of small and localised scenarios, useful to quantify critical interferences, requires, as a first step, the set up of a larger scale numerical model able to simulate the general setting of groundwater circulation in a big area.

Such model was implemented in order to verify the correctness of the boundary conditions that are:

- lateral recharge prevailing on direct infiltration that is almost annulled in an urban environment.
 - drainage towards the river with consequent increase of hydraulic gradient towards and in coincidence of the slope that connects to the river bed.
- The area considered for the general model is a rectangle of 6300m × 4200m regular grid spacing and

with 6300 cells. Total depth is set to 60m and the model is divided into two layers to simulate the different hydraulic properties of the two hydrogeological units (Quaternary aquifer/Villafranchiano aquiclude). The top surface of the second layer (aquiclude) has been obtained by kriging the core boring results of deeper site investigations. Specifically, the boundary conditions are:

- "constant head" applied on the NW boundary to simulate lateral recharge.
- "no flow" along the sides of the model where flow direction is parallel to model sides.
- "head dependent flux boundary" (drainage) condition along the river boundary. This condition is reproduced by specific draining cells that simulate water drainage from the model. Their efficiency is ruled by a factor (conductance "C" that is dimensionally a L^2/T) that will be calibrated.

Given the reference scenario, a calibration process has been done in steady state, trying to reproduce measured water table contour lines. The calibration process is carried out by varying cell by cell the values of k_h and k_v (horizontal and vertical permeability) in order to obtain a good comparison (Fig. 6) between modelled water table contour (performed by the model) and measured water table (obtained by on-the-field measured data). In addition, the efficiency of the drain cells was calibrated along the riverside of the model.

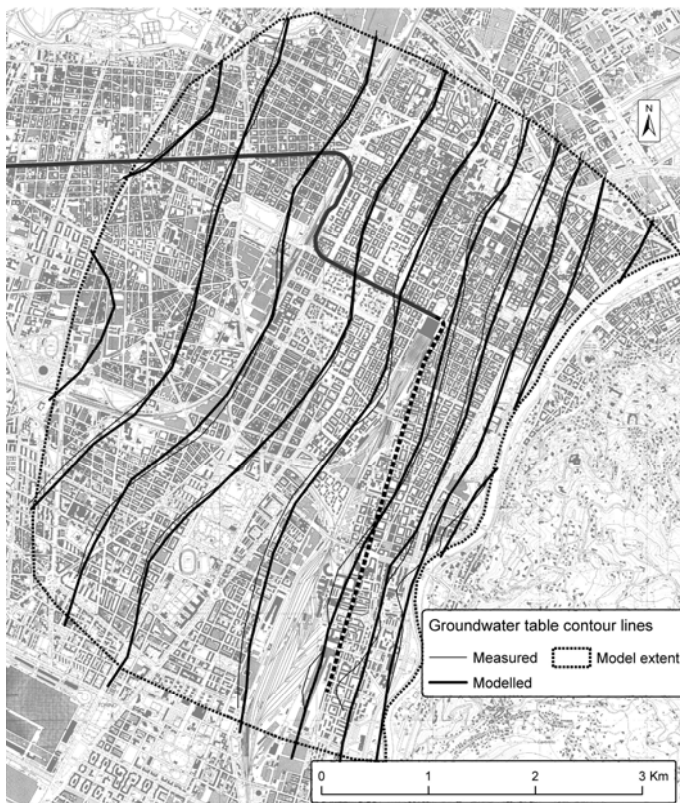


Figure 6. Calibration result of large scale model.

The permeability range assigned to the model cells is coherent with the range obtained by water permeability tests carried out during the site investigation campaign.

6.3 Numerical modelling of the interferences

As a second step in the numerical modelling approach, some localised models were implemented. The aim was to quantify with greater accuracy the entity of possible water table uprising caused by the deep founded structures.

Based on the results of the large-scale model, two local detailed models were implemented to simulate the construction of underground structures (cut&cover stations) and the tunnel below the water table.

Specifically, two critical scenarios were taken into account:

- 1 the interference due to by cut&cover structures that partially obstruct (almost perpendicularly) groundwater flow.
- 2 the interference created by the running tunnel itself.

The first scenario refers to the train deposit and nearby Marconi Station and also to Spezia Station. All these structures will be constructed with cut&cover technology. In both cases the model area was about 1200m × 900m and wide enough to avoid the influence of boundary conditions on the simulation results.

Grid dimension was variable (cell dimension ranging from 5m to 25m) with cells refinement around the structures. Total cell number was about 5200 per layer. Total depth was again set to 60m and divided into three layers.

Constant-head boundary conditions were employed on opposite sides of the modelled area to simulate inflow (lateral recharge) and outflow (discharge) of groundwater. Lateral sides had no flow conditions.

Calibration process was carried out with reference to a measured water table situation and the final results showed a good agreement between measured and modelled groundwater table. The barrier effect of the cut&cover structures was introduced by assigning very low permeability ($k=1E^{-08}$ m/s) to the cells referred to the geometry of the structures. Once calibrated, the model was used to simulate the presence of the structure and other scenarios such as a higher groundwater level (up to +2m from current groundwater level).

The model results were presented in terms of iso-anomalies (differential rising or lowering of the groundwater table with respect to undisturbed situation) due to the interference of underground structures (Fig. 7).

6.4 Results

The model results have highlighted that the interferences created by cut&cover obstructing structures generate a local variation on the groundwater table. This variation rises up to +1m on the upflow side of

the structure and a lowering on the opposite side that is a little less than a metre. In addition, the tunnel itself is responsible for a small rise of the water table that is quantified to be about +0.2m. The choice of some conservative parameters employed in the numerical simulations (i.e. aquiclude deep surface level) indicates that the results obtained can be considered as fair and reasonable.

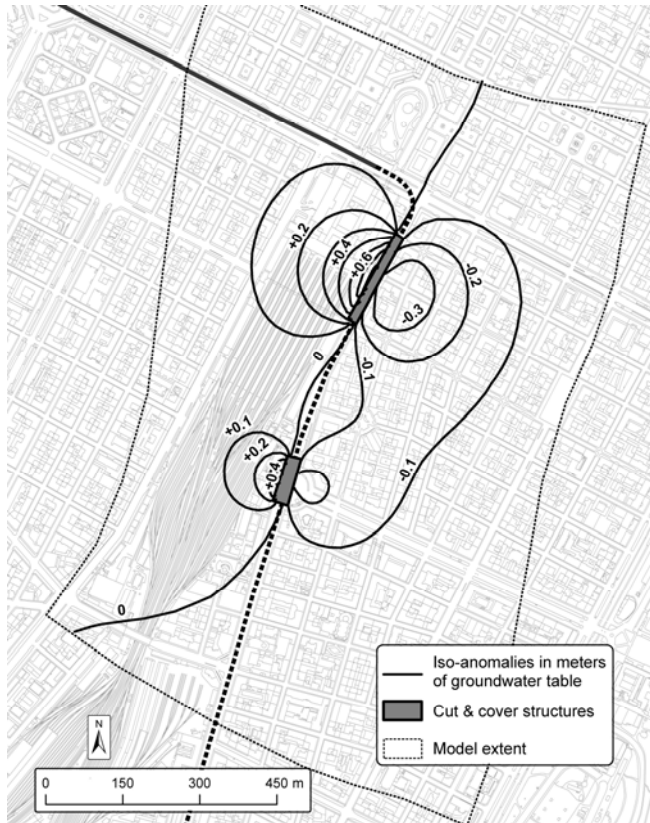


Figure 7. Iso-anomalies (m) generated by the interference of train deposit and Marconi station structures.

7 CONCLUSIONS

The design and construction of an underground work like a subway line under the groundwater table have to deal with some geotechnical and hydrogeological problems. These problems mainly refer to the groundwater level to be adopted as reference for the design of the works. Moreover underground structures, when located under groundwater table, cause an interference that create a rising of the groundwater table on the upstream side of the structures that act as a barrier to flow direction.

With reference to these issues, the design of an underground works have to take into account the evaluation of all the interferences caused by the works on all surrounding underground structures.

In the reported case of the Turin metro the problems were faced and solved by collecting and evaluating, in a common GIS platform, all possible data available on the field, in order to highlight all potentially critical scenarios. Then, a numerical model was implemented for chosen situations in the aim of quantifying the interferences. The modelled results

have shown that the water table rise on the upstream side of the deep structures is quite small (+0.2m due to the running tunnel and about +1.0m due to the deep stations) in comparison with the long-term potential natural recover of water table of the aquifer.

This can be explained by two reasons:

- high permeability of the unconfined aquifer in which the structures are inserted.
- the deep cut&cover structures, even in the worst scenario, didn't reach the low permeability layer at depth, leaving the hydraulic connection under the structure.

Model simulations were performed in steady state, reproducing, in same way, the long-term scenario. It is reasonable to expect that during the construction phase only a limited amount of these interferences will occur. They will be easily faced with common on-the-site countermeasures. The specific numerical modelling approach proved to be effective and efficient, for the following reasons:

- the numerical model applied was suited to the hydrogeological setting because the aquifer is a typical porous media characterised by a fair homogeneity. In addition, the two hydrogeological units have little inclined surfaces.
- a full range of data (from historical evidences to continuously monitored water table) were available to define, as much as possible, the wider possible scenarios.
- the metro alignment is easily reproduced by finite difference models that are constrained to a rectangular grid. In these scenarios the models are simple but reliable and provide good results in reasonable computing time.

The modelled results together with the data from long-term monitoring and the information on the historical groundwater levels have allowed the project designer to define the appropriate design countermeasures and interventions to be taken for both the construction phase and the exploitation phase.

8 REFERENCES

- Bonsignore, G. Bortolami, G. Elter, G. Montrasio, A. Petrucci, F. Ragni, U. Sacchi, R. Sturani, C. & Zanella, E. 1969. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, fogli 56 e 57 (Torino e Vercelli). Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- Mcdonald, M.G. Harbaugh, A.W. 1988. Modflow, 1988. A modular three-dimensional finite difference ground-water flow model. *U. S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations*, Book 6, Chapter A1, 586 p.
- Mcdonald, M.G. Harbaugh, A.W. 1996. User's documentation for MODFLOW-96, an update to the U.S. Geological Survey modular finite-difference ground-water flow model: *U.S. Geological Survey Open-File Report 96-485*, 56 p.
- Neuman, S.P. 1975. Analysis of pumping test data from anisotropic unconfined aquifers considering delayed gravity response. *Water Resources Research*, 11:329-42.
- Sacco, F. 1886 Il Villafranchiano al piede delle Alpi. *Boll. R. Comit. Geol. It.*, 7, 421-449, 1t.



CITTA' DI TORINO



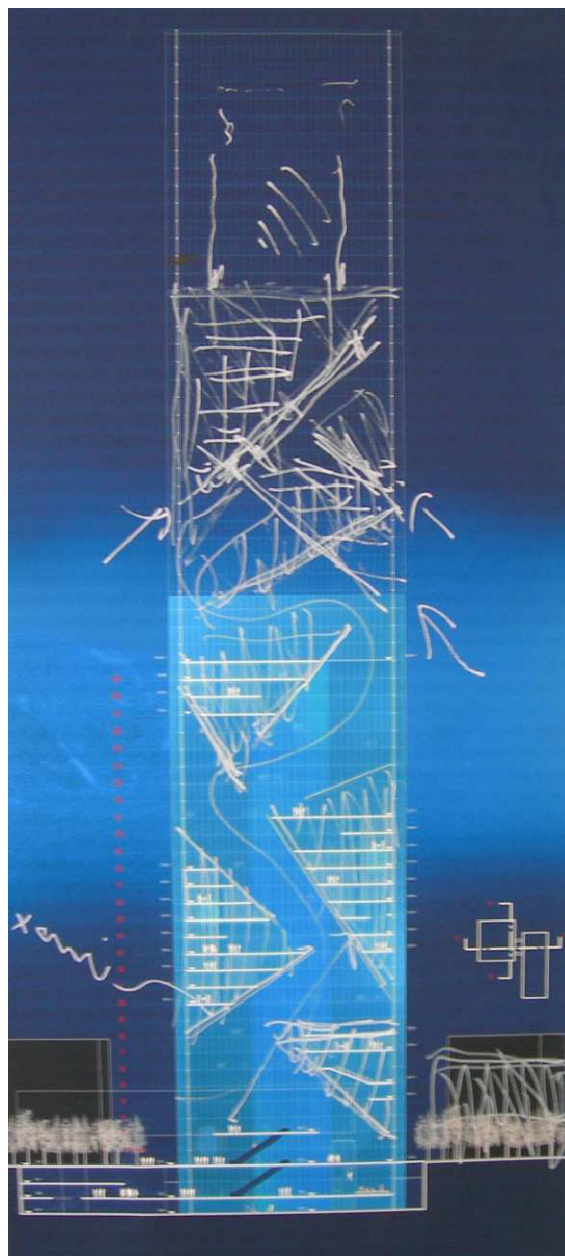
ACCORDO DI PROGRAMMA

FINALIZZATO ALL'ATTUAZIONE DI UN PROGRAMMA DI INTERVENTI CON VALENZA DI PIANO PARTICOLAREGGIATO, NELL'AMBITO DELLE AREE AVIO-OVAL, PER LA REALIZZAZIONE DEL PALAZZO DEGLI UFFICI REGIONALI, DEI NUOVI COMPARTI EDILIZI E DELLE OPERE INFRASTRUTTURALI CONNESSE

NUOVO PALAZZO PER UFFICI REGIONE PIEMONTE

PROGETTO DEFINITIVO

REVISIONE	DATA	DIS	CONTR	DESCRIZIONE
0	19/09/08	REn	LSo	Prima emissione



ELABORATI GENERALI

CODICE GENERALE ELABORATO

CODICE OPERA	LOTTO	LIVELLO PROGETTO	AREA PROGETTAZIONE	TIPO DOCUMENTO	NUMERO ELABORATO	VERSIONE
PR	3	D	S	G	05	0

NUMERO PROGETTO

425

DIS. NUMERO

5

TITOLO

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

FILE

PR-3-D-S-G-05-0.dwg

SCALA

-

DATA

19 / 09 / 2008

RAGGRUPPAMENTO DI PROGETTO

MANDATARIO

M FUKSAS^D

Piazza del Monte di Pietà, 30
00186 Roma
Tel +39 06 6880 7871
Fax +39 06 6880 7872
office@fuksas.it

85, rue du Temple
F-75003 Paris
Tel +33 1 446 18389
Fax +33 1 446 18389
m.fuksas@fuksas.fr

Schleusenstrasse 17
D-60327 Frankfurt am
Tel +49 69 24005 0
Fax +49 69 24005 199
office-FFM@fuksas.de

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO REGIONE:

Dott.sa Maria Grazia FERRERI
Risorse Umane e Patrimonio

Co-responsabile del procedimento Regione:

Arch. Claudio FUMAGALLI
Politiche Territoriali

MANDANTI



AI Studio
Architettura, Ingegneria, Urbanistica
Via Lamarmora, 80 - 10128 Torino
E-mail posta@aiigroup.it



AI Engineering s.r.l.
Via Lamarmora, 80 - 10128 Torino
E-mail posta@aiigroup.it



Manens Intertecnica s.r.l.
Via Campofiore, 21 - 37129 Verona
E-mail manens@manens.com



Geodata S.p.A.
Corso Duca degli Abruzzi, 48/E - 10129 Torino
E-mail geodata@geodata.it

CONSULENTI SPECIALISTICI

Strutture

Studio Sarti
Via Circonvallazione Meridionale, 54 - 47900 Rimini
E-mail sarti@iper.net

Safety, Security, VVF e ASL

Proges s.r.l. - Ing. G. Amaro
Via Bligny, 15 - 10122 Torino
E-mail studioproges@gmail.com

Bonifiche ambientali e trattamento terre di scavo

Golder Associates
Via Antonio Bando, 43 - 10155 Torino
E-mail cramp@goldier.it

Procedimento di verifica della procedura di V.I.A.

Studio Mondini - Prof. Arch. Giulio Mondini
Via Pietro Egidio, 6 - 10122 Torino
E-mail giulio.mondini@potito.it

Lighting Architects

Speirs and Major Associates
Well Court Hall, Dean Village, Edinburgh EH43BE
E-mail info@samassociates.com

REGIONE PIEMONTE

**NUOVO PALAZZO PER UFFICI REGIONE PIEMONTE
LOTTO 3**

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATI GENERALI

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

INDICE

1	PREMESSA	1
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	4
3.1	Geologia e geomorfologia del territorio comunale di Torino	4
3.1.1	La cementazione dei depositi quaternari	5
3.1.2	Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani.....	5
3.1.3	Depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano Autoctono.....	6
3.1.4	Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene	6
3.2	Inquadramento geologico dell'area di Progetto	6
3.2.1	Riperti antropici	7
3.2.2	Depositi fluvioglaciali e fluviali rissiani	7
3.2.3	Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene	7
4	INDAGINI GEOGNOSTICHE	9
4.1	Dati pregressi	9
4.2	Indagini per il Progetto Definitivo	10
4.2.1	Sondaggio a carotaggio continuo	10
4.2.2	Prove geotecniche in foro.....	11
4.2.3	Prove idrogeologiche in foro.....	12
4.2.4	Monitoraggio del livello piezometrico.....	13
5	IDROGEOLOGIA	15
5.1	Complessi idrogeologici	15
5.2	Inquadramento idrogeologico generale	15
5.3	Parametri idrodinamici dei complessi idrogeologici	18
5.3.1	Analisi dei risultati delle prove Lefranc	21
5.3.2	Analisi dei risultati delle prove di pompaggio a regime costante	21
5.3.3	Analisi critica dei risultati e scelta dei parametri idrodinamici dell'acquifero superficiale.....	22
5.4	Modello idrogeologico di riferimento progettuale	24
5.5	Oscillazioni del livello della falda superficiale	26
5.5.1	Analisi delle variazioni storiche della falda di Torino	28
5.6	Interazione delle opere in progetto con l'assetto idrogeologico	29
5.6.1	Premessa.....	29
5.6.2	Area del modello	31

5.6.3 Opere interferenti	32
5.6.4 Codice utilizzato e condizioni al contorno	33
5.6.5 Ipotesi progettuali considerate.....	34
5.6.6 Scenari considerati.....	35
5.6.7 Risultati e considerazioni.....	35
6 SISMICITÀ DELL'AREA.....	37
7 RACCOMANDAZIONI	38
8 BIBLIOGRAFIA	39

ALLEGATI

Allegato 1:

- Tavola 1: Inquadramento geografico dell'area del Progetto Preliminare
- Tavola 2: Ubicazione delle indagini geognostiche pregresse reperite ed utilizzate ai fini dell'inquadramento geologico ed idrogeologico
- Tavola 3: Estratto della Carta Geologica al 100.000 foglio n.56 "Torino"

Allegato 2:

Risultati dei sondaggi geognostici realizzati nell'area ex-FIAT AVIO ed aree limitrofe

Allegato 3:

Dati e risultati delle prove di pompaggio a portata costante realizzate nell'area ex-FIAT AVIO

1 PREMESSA

La presente Relazione Geologica e Geotecnica è redatta nell'ambito del Progetto Definitivo del Nuovo Palazzo della Regione Piemonte, di cui è prevista la realizzazione nell'area industriale dismessa denominata "ex-Fiat Avio", sita nel Comune di Torino.

La presente relazione tratta le opere di pertinenza del Lotto 3, ovvero il Nuovo Palazzo per uffici della Regione Piemonte e la sede del Consiglio Regionale.



Figura 1.1: vista aerea dell'area oggetto degli interventi di trasformazione urbana- Lotto 3.

Nella relazione vengono sintetizzate le informazioni relative al contesto geologico ed idrogeologico e forniti gli indirizzi utili alle successive fasi di approfondimento in relazione alle opere da realizzare.

Sono stati quindi inquadrati il contesto litostratigrafico di riferimento per l'area del Progetto, le caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti, con particolare riferimento alla presenza del livello di falda e delle sue variazioni stagionali.

I riscontri sintetizzati in questa relazione sono stati ricavati oltre da dati bibliografici e di analoghi lavori realizzati nel contesto cittadino limitrofo e soprattutto da uno specifico "Piano delle Indagini Geognostiche in sito e prove di laboratorio", realizzato in fase di progettazione definitiva e finalizzato alla raccolta dei dati necessari per la caratterizzazione geologica, idrogeologica e geotecnica, così come previsto dal D.M. 11/03/1988 e successiva Circolare esplicativa.

I dati utilizzati nella presente fase progettuale provengono da ricerche bibliografiche, analisi e studi effettuati presso zone limitrofe all'area, dalla consultazione degli studi geologici e idrogeologici ai sensi della Circolare P.R.G. n. 7/LAP dell'8 maggio 1996, a corredo della Variante n. 100 del P.R.G. del Comune di Torino ed integrati dai risultati delle indagini in sito (cit. Piano delle Indagini Geognostiche) finalizzate alla caratterizzazione geologica, idrogeologica e geotecnica dei terreni interessati dal Progetto Definitivo.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La presente relazione è stata redatta in accordo ai criteri generali stabiliti dalle Normative vigenti fra cui in particolare:

- Legge 11.02.1994 n° 109, “Legge quadro in materia di lavori pubblici” e successive modificazioni.
- D.P.R. 21.12.1999 n°554, “Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11.2.1994 n°109 e successive modificazioni”.
- D.M. LL. PP. 11 marzo 1988 – “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circ. Min. LL.PP. 24-9-1988 n. 30483 - Istruzioni relative alle “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- UNI 10006 (Giugno 2002): Costruzione e manutenzione delle strade. Tecniche di impiego delle terre.
- D.M.LL.PP. 14 febbraio 1997 - “Direttive tecniche per l’individuazione e la perimetrazione, da parte delle Regioni, delle aree a rischio idrogeologico”.
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 – “Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche”.
- Ordinanza Presidenza Consiglio dei Ministri 20/03/2003 n. 3274, “ Primi criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale di normativa tecniche per le costruzioni in zone sismiche”, e s.m.i.
- Eurocodice 7, “Geotechnical design” (EN 1997-1:2002).
- Eurocodice 8, “Design of structures for earthquake resistance” (EN 1998-1/6:2002-2003).

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

3.1 Geologia e geomorfologia del territorio comunale di Torino

Il territorio comunale di Torino si estende per gran parte su un'area semi-pianeggiante costituita dagli apporti successivi delle conoidi alluvionali poste allo sbocco delle valli alpine della Dora Riparia e della Stura di Lanzo; la restante parte del territorio è costituita dai rilievi collinari posti a est del fiume Po. L'area urbana presenta una debole pendenza procedendo da ovest verso est, passando da 260-270 m s.l.m. a circa 220 m s.l.m.

Le conoidi alluvionali sono costituite da depositi di origine fluvioglaciale, successivamente rimodellati, almeno nei livelli più superficiali, dai corsi d'acqua che attraversano il territorio comunale (Po, Stura di Lanzo, Dora Riparia e Sangone), (cfr. *Bonsignore, G., Bortolami, G., et al. 1969*).

I clasti costituenti i depositi fluvioglaciali sono derivati dai litotipi del bacino idrografico di alimentazione: il Massiccio Ultrabasico di Lanzo (serpentiniti, ultrabasiti) per la Stura di Lanzo ed il Complesso del Dora Maira (gneiss, quarziti), Calcescisti a Pietre Verdi, Serie dell'Ambin (micascisti, quarziti) per la Dora Riparia ed il Sangone.

Gli apporti di materiali a granulometria più fine (limi sabbiosi e/o argillosi), presenti in lenti all'interno delle ghiaie, sono attribuibili alle dinamiche deposizionali legate all'azione dei corsi d'acqua nei tratti caratterizzati da una limitata energia deposizionale.

L'assetto geologico generale ricostruito dalle numerose indagini svolte nel sottosuolo torinese, è suddiviso, per i primi 150 metri circa, in tre complessi litostratigrafici:

- depositi fluvioglaciali e fluviali continentali quaternari (periodo glaciale Riss): ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa, in genere sciolte, salvo che per la presenza di livelli discontinui di conglomerato;
- depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano (Sacco, 1886): limi argillosi e livelli sabbioso ghiaiosi, debolmente coesivi;
- depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene: limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie grigio azzurre con fossili, piuttosto coesivi.

I depositi fluviali e fluvioglaciali presentano, al loro interno, orizzonti e livelli ad andamento discontinuo ed a vario grado di cementazione o comunque di addensamento; i livelli a maggior cementazione (livelli conglomeratici) sono caratteristici del sottosuolo di Torino e sono noti in letteratura con il termine formazionale di "puddinghe".

Il limite inferiore dei depositi fluvioglaciali Rissiani è costituito da un contatto di tipo erosionale. La potenza del secondo complesso, desunta da informazioni bibliografiche, varia molto in relazione alla zona di riferimento, da un massimo di 140 metri (Piazza Marmolada) a

pochi metri nella zona nord di Torino, nelle vicinanze della Stura di Lanzo. Il contatto tra la base del complesso Villafranchiano ed i depositi Pliocenici è di eteropia di facies.

3.1.1 La cementazione dei depositi quaternari

Il sottosuolo di Torino, nella fascia superiore costituita dai depositi fluvioglaciali quaternari (ghiaia, ciottoli e sabbie in matrice limosa) all'interno della quale si svilupperà la totalità del progetto, da un punto di vista geologico generale può essere definito relativamente semplice ed omogeneo; tuttavia, ad una scala di osservazione più ridotta, questo terreno può talora presentare variazioni rilevanti, sia lateralmente, sia lungo la profondità, sia da un punto di vista granulometrico sia per quanto riguarda il grado di cementazione e/o addensamento.

La cementazione è dovuta alla precipitazione del carbonato di calcio e magnesio presente in soluzione sia nell'acqua di falda, sia nell'acqua di infiltrazione meteorica, per variazioni di temperatura e di pH. I carbonati presenti in soluzione provengono principalmente dalle acque della Dora Riparia, che alimenta la falda superficiale nei periodi di maggior portata. Le acque di precipitazione meteorica, infiltrandosi nel suolo, si arricchiscono di CO₂. Questa, combinandosi con l'acqua, produce acido carbonico (H₂CO₃) determinando una diminuzione del pH. Le acque, divenute quindi aggressive, riescono a portare in soluzione il carbonato di calcio e magnesio presente nei depositi. All'aumentare della profondità, il variare della temperatura rimodifica il pH e dà origine, di conseguenza, alla precipitazione dei carbonati in soluzione.

3.1.2 Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani

I depositi di origine fluvioglaciale e fluviale formano, come detto, lo strato superficiale di vasta parte del territorio comunale di Torino. Le ghiaie, che rappresentano la frazione avente la maggior rilevanza in termini percentuali, si accompagnano a ciottoli (anche di dimensioni pluridecimetriche), sabbie medio-grossolane e livelli lentiformi limoso-argillosi. I ciottoli risultano sostanzialmente composti da quarziti, gneiss, serpentiniti e metagabbri e raramente presentano un'alterazione tale da comprometterne la struttura. La forma varia da sub-arrotondata ad arrotondata, ma sono frequenti anche ciottoli discoidali: questa forma appiattita è anche assai frequente nella ghiaia e nel ghiaietto. Le dimensioni dei ciottoli sono molto variabili, potendo raggiungere, talvolta, carattere di veri e propri trovanti (osservati sia durante i lavori del Passante Ferroviario-1° Lotto, sia nella prima tratta della Linea 1 della metropolitana). Il diametro di 10-30cm è quello maggiormente rappresentato. Sono inoltre qua e là presenti livelli lenticolari di ciottoli e ghiaie discoidali privi di matrice sabbioso limosa fine.

La peculiarità di questi depositi è data dalla eventuale presenza di cementazione, che varia di grado sia in profondità. La presenza di concrezioni di calcite e cemento calcareo, prevalentemente sulla parte superiore dei ciottoli può avvalorare l'interpretazione che vede la cementazione legata al fenomeno della percolazione delle acque di infiltrazione (zona non satura). Nel caso specifico, le indagini disponibili hanno confermato l'esistenza di livelli a differente grado di cementazione ancorché una ricostruzione precisa della loro estensione areale risulti difficilmente fattibile.

3.1.3 Depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano Autoctono

Tali depositi, sottostanti ai precedenti depositi fluvioglaciali e fluviali, sono costituiti da alternanze di sedimenti di ambiente fluviale (ghiaie e sabbie) e di ambiente lacustre-palustre (limi e argille). Nei materiali più francamente grossolani e permeabili sono contenute varie falde idriche in pressione confinate dai livelli limoso argillosi, che funzionano da setti impermeabili.

I dati delle indagini eseguite lungo l'asse di via Nizza, per il progetto della linea 1 della metropolitana (tratta Porta Nuova-Lingotto) evidenziano che questi depositi sono presenti fino all'intersezione con corso Marconi; localmente risultano assenti come confermato dal fatto che, in corrispondenza dei sondaggi eseguiti in zona Piazza Carducci per la metropolitana, si è osservato il passaggio diretto tra i depositi fluvioglaciali ed i depositi d'ambiente marino.

3.1.4 Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene

I litotipi che caratterizzano questo complesso vanno dalle sabbie alle argille, con predominanza dei depositi più fini in corrispondenza della pianura torinese. Le argille, tipicamente di colore azzurrognolo, risultano alquanto siltose nella parte più alta della formazione e contengono frequentemente resti fossiliferi. I depositi argillosi, come accennato al paragrafo precedente, sono stati ritrovati nei sondaggi profondi per la Linea 1 della metropolitana a partire dall'intersezione con Corso Marconi e procedendo verso sud (direzione Lingotto).

3.2 Inquadramento geologico dell'area di Progetto

L'analisi dei risultati delle indagini geognostiche realizzate nell'area di Progetto, integrate da quelle eseguite in tempi diversi per il progetto delle altre opere (Linea 1 della Metropolitana, bonifica dei terreni dell'area ex-FIAT AVIO) ha permesso di delineare il quadro geologico presente nell'area del Progetto.

Con riferimento ai primi 80m di profondità, si evidenzia il seguente assetto stratigrafico:

3.2.1 Riporti antropici

Si tratta di riporti antropici superficiali, costituiti prevalentemente da ghiaia e ciottoli con scarsa matrice, a luoghi maggiormente sabbiosi. Occasionalmente si rinvergono porzioni di solette in calcestruzzo da attribuirsi a fabbricati in luogo precedentemente demoliti.

La potenza dell'unità risulta variabile tra 0,5-4m.

3.2.2 Depositi fluvioglaciali e fluviali rissiani

E' costituita da ghiaie eterometriche (diametro massimo 8-10cm) in matrice sabbioso-limosa, con occasionali ciottoli. La porzione sommitale dell'unità, per i primi 15-18m da piano campagna, presenta al riconoscimento visivo diffusi fenomeni di debole cementazione

A luoghi si rinvergono livelletti conglomeratici competenti, di spessore inferiore ad 1m.

L'unità ingloba a luoghi lenti di sabbie di potenza metrica. Si tratta di sabbie medio-fini limose, occasionalmente passanti a luoghi a limi sabbiosi (specie per il livello più superficiale). La presenza di tali lenti è concentrata in due livelli prevalenti, presenti a 15m di profondità e nell'intervallo 25m-35m.

3.2.3 Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene

Si tratta del substrato di riferimento, costituito da limi con sabbia fine, debolmente plastici e fortemente addensato; a luoghi si rinvergono livelli centimetrici organici. L'analisi delle carote dei sondaggi ha evidenziato la presenza di resti fossiliferi.

Il limite superiore del complesso è piuttosto netto, di natura erosionale.

La figura sotto riportata illustra l'assetto litostratigrafico di riferimento per i primi 80m di profondità.

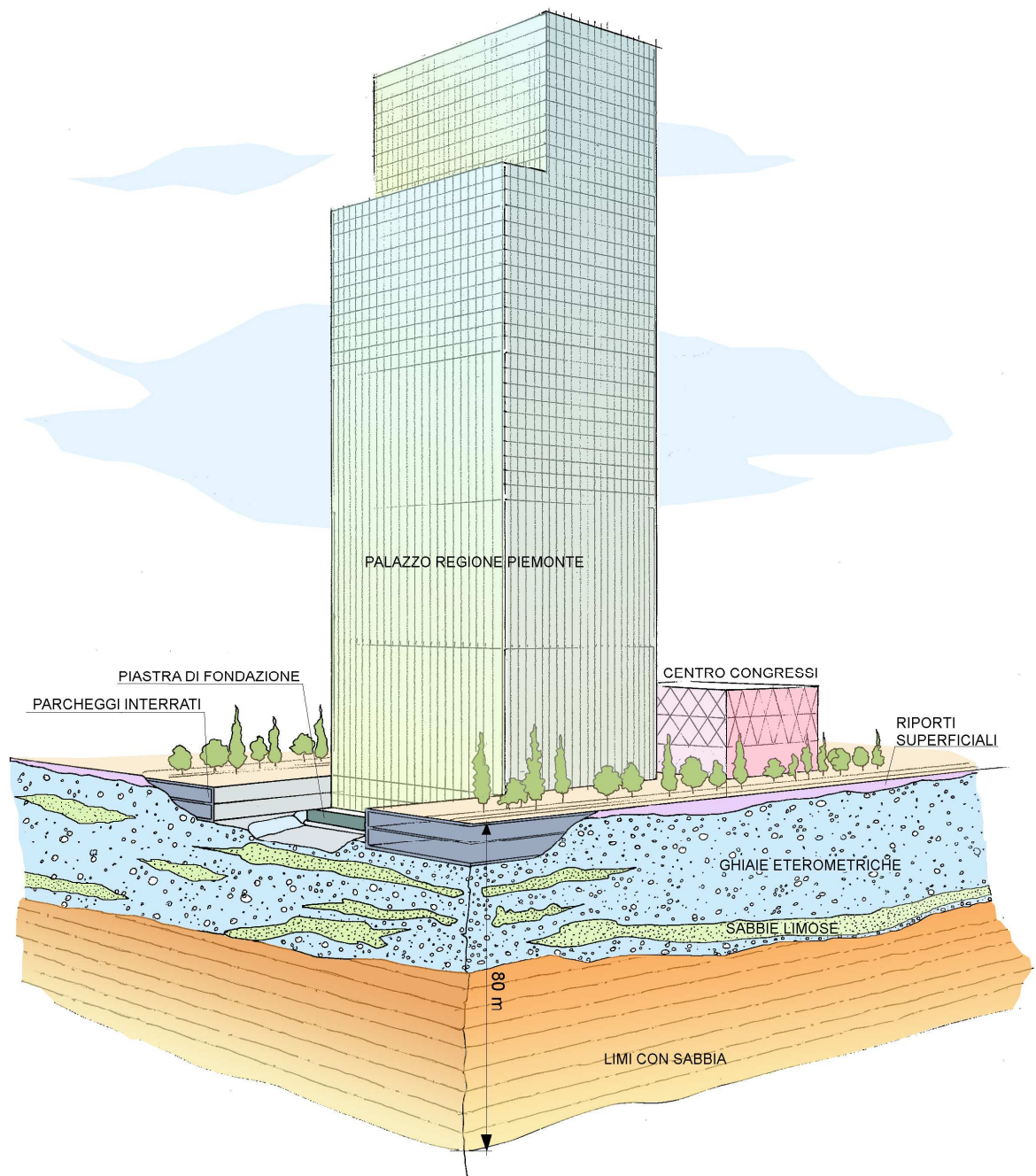


Figura 3.1: schema dell'area di intervento, con spaccato delle fondazioni e del sottosuolo.

4 INDAGINI GEOGNOSTICHE

4.1 Dati pregressi

Per la redazione della presente relazione sono state utilizzati, oltre agli elementi acquisiti dalla campagna indagini appositamente realizzata, dati provenienti da diverse fonti relativi sia a studi territoriali specifici (P.R.G. e varianti) sia a progetti di infrastrutture recentemente progettate ed in via di realizzazione nel territorio urbano torinese, oltre che documenti specificatamente realizzati nell'ambito del progetto degli interventi di bonifica dell'area di interesse. Tali fonti sono qui di seguito elencate:

- Progetto Definitivo dell'intervento di messa in sicurezza e bonifica dell'area denominata "ex-FIAT AVIO" in via Nizza, redatto dallo Studio Tedesi di Milano per il Gruppo Zunino RI Investimenti s.r.l., terminato nel marzo 2006;
- Progetto Definitivo ed Esecutivo della Linea 1 della Metropolitana, tratta Porta Nuova-Lingotto, redatto dal raggruppamento temporaneo di imprese Systra S.A., Geodata S.p.A., Metropolitana Milanese S.p.A. e Studio Quaranta per il Gruppo Torinese Trasporti (GTT) nel periodo 2004-2005;
- Progetto Definitivo della Linea 1 della Metropolitana, tratta Lingotto-Bengasi, redatto dal raggruppamento temporaneo di imprese Systra S.A., Geodata S.p.A. e Studio Quaranta per il Gruppo Torinese Trasporti (GTT) nel periodo 2007-2008;
- Stratigrafie relative ad indagini geognostiche a carotaggio continuo, eseguite in occasione del progetto e dell'esecuzione di diversi lavori nell'area immediatamente adiacente all'area oggetto della variante.

Le indagini per la progettazione della Linea 1 della metropolitana e le indagini eseguite in tempi diversi per la trasformazione dell'area Lingotto sono state utilizzate per la definizione del quadro geologico ed idrogeologico generale (Capitolo 4 e 5). I risultati delle indagini geognostiche eseguite all'interno dell'area del Progetto (Progetto Definitivo dell'intervento di bonifica dell'ex Fiat Avio), sono stati utilizzati per integrare e migliorare la definizione del quadro idrogeologico di riferimento progettuale (Capitolo 5).

Le stratigrafie e le indagini geognostiche eseguite in occasione del progetto e dell'esecuzione di diversi lavori nell'area immediatamente adiacente a quella di Progetto sono riportate nell'allegato 2.

4.2 Indagini per il Progetto Definitivo

4.2.1 Sondaggio a carotaggio continuo

Sono stati realizzati 27 sondaggi geognostici che hanno interessato l'intera area d'imposta del Palazzo della Regione, Centro Servizi, Consiglio Regionale e le aree destinate alla viabilità d'accesso.

Le perforazioni sono state realizzate a carotaggio continuo, con diametro di perforazione utile pari a 101mm o 131mm; la profondità è stata modulata sulla base delle opere previste, garantendo un'indagine del sottosuolo almeno pari alla profondità di rilevanza progettuale.

Le perforazioni di sondaggio hanno consentito non solo la ricostruzione del profilo stratigrafico, ma anche i test geotecnici ed il rilevamento idrogeologico; inoltre esse hanno permesso il prelievo di campioni rappresentativi per il riconoscimento dei terreni e campioni indisturbati per l'esecuzione di prove di laboratorio.

SONDAGGIO	TIPO PERFORAZIONE		PROFONDITA'	OPERA DI RIFERIMENTO	QUOTA P.C.
	(CODICE)	(TIPOLOGIA)			
Sp1	Carotaggio continuo	131/101	30	Consiglio Regionale	234,9
Sp2	Carotaggio continuo	131/101	30	Consiglio Regionale	235,6
Sp3	Carotaggio continuo	131/101	30	Consiglio Regionale	236,1
St1	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,8
St2	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,8
St3	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,8
St4	Carotaggio continuo	131/101	80	Palazzo Regione	234,0
St5	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,0
St6	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,7
St7	Carotaggio continuo	131/101	80	Palazzo Regione	234,7
St8	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,7
St9	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,0
St10	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,0
St11	Carotaggio continuo	131/101	80	Palazzo Regione	234,6
St12	Carotaggio continuo	131/101	80	Palazzo Regione	234,6
St13	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,6
St14	Carotaggio continuo	131/101	40	Centro Congressi	234,9
St15	Carotaggio continuo	131/101	40	Centro Congressi	234,9
St16	Carotaggio continuo	131/101	40	Centro Congressi	234,9
Sv1	Carotaggio continuo	131/101	30	Viabilità d'accesso	234,6
Sv2	Carotaggio continuo	101	30	Viabilità d'accesso	234,8
Sv3	Carotaggio continuo	131/101	30	Viabilità d'accesso	234,9
Sv4	Carotaggio continuo	131/101	30	Viabilità d'accesso	235,1
Sv5	Carotaggio continuo	101	20	Viabilità d'accesso	235,0
Sv6	Carotaggio continuo	131/101	20	Viabilità d'accesso	241,9
Sv8	Carotaggio continuo	131/101	30	Viabilità d'accesso	236,3
Sv9	Carotaggio continuo	131/101	30	Viabilità d'accesso	234,7

Tabella 4-1: sondaggi a carotaggio continuo (PD).

4.2.2 Prove geotecniche in foro

Durante l'avanzamento delle perforazioni di sondaggio sono state condotte numerose prove geotecniche in foro (prove penetrometriche dinamiche SPT, Lefranc e prove pressiometriche MPM) e sono stati prelevati campioni indisturbati; inoltre sono stati installati piezometri a tubo aperto per il rilievo del regime delle acque sotterranee o tubi in PVC per l'esecuzione di prove geofisico del tipo "cross-hole".

Il prospetto delle prove eseguite, i risultati e l'interpretazione degli stessi è fornita nella Relazione Geotecnica (cod. elab. PR-3-D-S-G-06-0).

La tabella seguente sintetizza le prove eseguite nelle verticali di indagine.

SONDAGGIO	INSTALLAZIONE PIEZOMETRO	INSTALLAZIONE TUBO PVC (CROSS-HOLE)	PROVE SPT	PROVE LEFRANC	PROVE PRESS.	PRELIEVO CAMPIONI	
						Indist.	Rim.
(CODICE)	(m)	(m)	(quantità)	(quantità)	(quantità)	(quantità)	(quantità)
Sp1			4	2			2
Sp2			5	2			2
Sp3			6	2			2
St1			6	1	1	1	3
St2		X	5	1	1	1	4
St3		X	8		1	1	5
St4	X		5	1	1	1	1
St5		X	8			1	1
St6		X	5	1	1		2
St7	X		6	1	1	1	3
St8		X	8		1	1	2
St9		X	8		1	1	3
St10		X	7		1	1	3
St11		X	8		1		3
St12		X	7		2		2
St13		X	8				
St14			5	2			4
St15			3	2			3
St16			6	2			2
Sv1			4	2			2
Sv2	X		4	2			2
Sv3			5	2			2
Sv4			6	2			2
Sv5			5	1			2
Sv6			5	1			2
Sv8			5				2
Sv9			5	2			2

Tabella 4-2 - Dettaglio delle prove geotecniche eseguite in foro (PD)

4.2.3 Prove idrogeologiche in foro

Durante l'avanzamento delle perforazioni dei sondaggi sono state condotte sistematiche prove di permeabilità in foro, tipo Lefranc, a carico variabile. Tutte le prove hanno interessato il complesso idrogeologico ghiaioso-sabbioso, sede dell'acquifero superficiale.

Il prospetto riepilogativo delle varie prove, con il relativo coefficiente di permeabilità determinato, è riportato in tabella seguente.

SONDAGGIO	NUMERO PROVA	OPERA	PROFONDITA'	PERMEABILITA' k
(CODICE)	(CODICE)	(DESCRIZIONE)	(m)	(m/s)
Sv1	1	Viabilità accesso	16.50	3.52E-06
Sv1	2	Viabilità accesso	20.25	1.30E-06
Sv2	1	Viabilità accesso	10.75	1.30E-05
Sv2	2	Viabilità accesso	24.50	1.39E-06
Sv3	1	Viabilità accesso	14.50	2.57E-06
Sv3	2	Viabilità accesso	20.50	2.13E-06
Sv4	1	Viabilità accesso	11.50	1.16E-05
Sv4	2	Viabilità accesso	20.50	4.59E-06
Sv5	1	Viabilità accesso	14.35	5.07E-06
Sv6	1	Viabilità accesso	14.40	1.11E-05
Sv9	1	Viabilità accesso	7.75	2.38E-06
Sv9	2	Viabilità accesso	21.90	8.84E-06
Sp1	1	Consiglio Regionale	12.50	3.81E-06
Sp1	2	Consiglio Regionale	22.75	2.53E-06
Sp2	1	Consiglio Regionale	11.75	6.14E-06
Sp2	2	Consiglio Regionale	25.75	1.18E-06
Sp3	1	Consiglio Regionale	11.10	3.08E-06
Sp3	2	Consiglio Regionale	24.75	1.94E-06
St1	1	Palazzo Regione	10.25	2.91E-05
St2	1	Palazzo Regione	17.60	9.99E-06
St4	1	Palazzo Regione	14.00	8.01E-06
St6	1	Palazzo Regione	17.75	1.27E-05
St7	1	Palazzo Regione	10.05	7.46E-06
St14	1	Palazzo Regione	12.95	1.62E-06
St14	2	Palazzo Regione	24.95	5.18E-06
St15	1	Palazzo Regione	14.10	2.02E-06
St15	2	Palazzo Regione	20.90	1.10E-05
St16	1	Palazzo Regione	12.85	5.11E-06
St16	2	Palazzo Regione	24.95	5.31E-06

Tabella 4-3: dettaglio delle prove Lefranc effettuate (PD).

4.2.4 Monitoraggio del livello piezometrico

Tre sondaggi (St4, St7 e Sv2) sono stati attrezzati con piezometri a tubo aperto (fenestrato nella metà inferiore al fine di evitare commistione con eventuali circolazioni superficiali nel suolo e/o riporti). Per i restanti sondaggi, il livello piezometrico è stato misurato al termine della perforazione.

SOND.	PROFONDITA' SONDAGGIO	TIPO PIEZOMETRO	QUOTA P.C.	SOGGIACENZA*	QUOTA PIEZOMETRICA
(CODICE)	(m)	(DESCRIZIONE)	(m s.l.m.)	(m da p.c.)	(m s.l.m.)
Sp1	30	Non installato	234,9	14,3	220,6
Sp2	30	Non installato	235,6	15,2	220,4
Sp3	30	Non installato	236,1	15,3	220,8
St1	80	Non installato	234,8	15,7	219,1
St2	80	Non installato	234,8	16,0	218,8
St3	80	Non installato	234,8	15,3	219,5
St4	80	Tubo aperto 2"	234,0	15,7	218,3
St5	80	Non installato	234,0	15,0	219,0
St6	80	Non installato	234,7	15,6	219,1
St7	80	Tubo aperto 2"	234,7	15,2	219,5
St8	80	Non installato	234,7	14,8	219,9
St9	80	Non installato	234,0	15,0	219,0
St10	80	Non installato	234,0	14,9	219,1
St11	80	Non installato	234,6	15,0	219,6
St12	80	Non installato	234,6	15,0	219,6
St14	40	Non installato	234,9	16,0	218,9
St15	40	Non installato	234,9	15,2	219,7
St16	40	Non installato	234,9	15,2	219,7
Sv1	30	Non installato	234,6	14,0	220,6
Sv2	30	Tubo aperto 2" in PVC	234,8	13,5	221,3
Sv3	30	Non installato	234,9	14,5	220,4
Sv4	30	Non installato	235,1	13,6	221,5
Sv5	20	Non installato	235,0	15,4	219,6
Sv6	20	Non installato	241,9	13,5	228,4
Sv8	30	Non installato	236,3	15,5	220,8
Sv9	30	Non installato	234,7	15,8	218,9

Tabella 4-4: dettaglio dei livelli piezometrici misurati (PD).

* Quando non installato il piezometro, la lettura si riferisce a fine perforazione.

5 IDROGEOLOGIA

5.1 Complessi idrogeologici

Con riferimento al quadro geologico dell'area di Progetto (par 3.2), si schematizza il seguente assetto idrogeologico:

- Complesso ghiaioso-sabbioso, sede dell'acquifero libero principale, è costituito da depositi grossolani riferibili al Quaternario (ciottoli, ghiaie e sabbie in matrice sabbioso-limosa) potenti circa 38-40m. La soggiacenza dell'acquifero nell'area di progetto (periodo autunno-inverno 2007), si attesta da -14 a -15m;
- Complesso limoso-argilloso-sabbioso, individuato nei depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene, costituisce un complesso a scarsa circolazione idrica e non è sede di acquiferi di rilevanza. E' situato indicativamente a partire da 38-40 m dal p.c. ed il tetto di tale complesso è costituito da depositi limoso-argillosi, spesso compatti, potenti 20÷30 m, che di fatto costituiscono la base dell'acquifero freatico soprastante.

Considerando la profondità alla quale saranno realizzate le fondazioni dei manufatti e le opere accessorie, ci sarà una interazione tra le opere in progetto ed il quadro idrogeologico limitato esclusivamente con l'acquifero superficiale del complesso ghiaioso-sabbioso.

5.2 Inquadramento idrogeologico generale

La definizione del quadro idrogeologico generale, nel quale il Progetto delle opere del Lotto 3 sono inserite, è stata basata sull'integrazione dei risultati della campagna geognostica eseguita nel Lotto 3 con i dati delle indagini e degli studi geologici ed idrogeologici eseguiti dalla Geodata S.p.A (anche in associazione con altre imprese), per la progettazione delle seguenti infrastrutture:

- Progetto Definitivo ed Esecutivo della Linea 1 della Metropolitana di Torino, tratta Collegno Porta-Nuova (2000-2002);
- Progetto Definitivo ed Esecutivo della Linea 1 della Metropolitana di Torino, tratta stazione Porta Nuova – stazione Lingotto (2001-2004);
- Progetto Definitivo della Linea 1 della Metropolitana di Torino, tratta stazione Lingotto – stazione Bengasi (2007-2008).

I dati raccolti sull'area vasta hanno permesso una ricostruzione della geometria di flusso a scala generale, basata sul censimento di circa 100 punti (pozzi e piezometri) effettuato nel periodo febbraio-marzo 2000 e successivamente integrato con i dati acquisiti durante le fasi progettuali della Metropolitana fino alla stazione Bengasi. Questa ricostruzione è stata confrontata con i risultati delle indagini del Lotto 3.

La ricostruzione a scala generale (figura seguente), sebbene prenda in considerazione misurazioni eseguite in anni e periodi stagionali diversi è valida allo scopo di verificare l'andamento medio delle direttrici di deflusso sotterraneo.

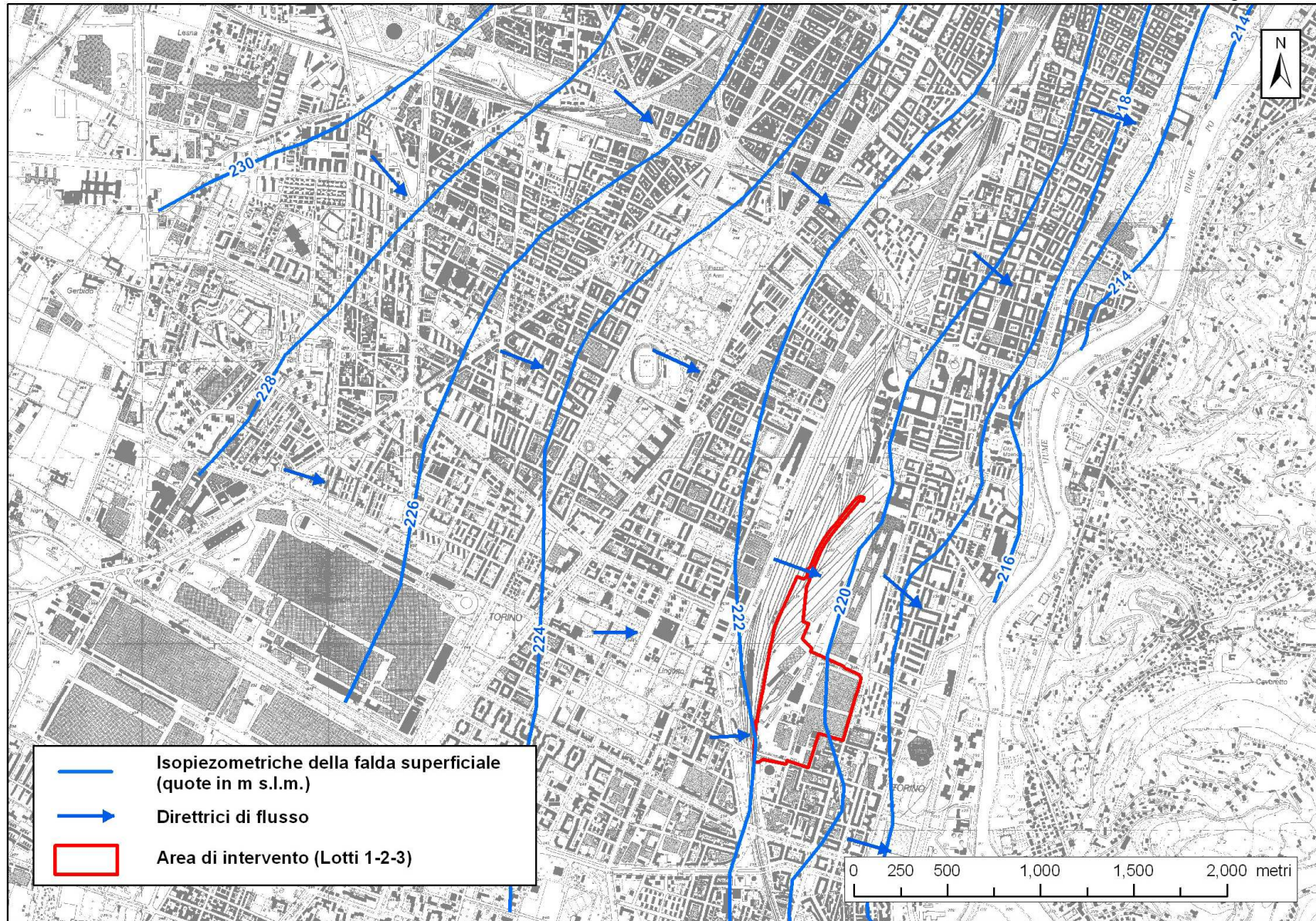


Figura 5-1: pannello piezometrico della falda superficiale nel territorio urbano di Torino.

L'acquifero superficiale è alimentato principalmente dagli apporti provenienti da ovest, considerando che l'infiltrazione diretta delle precipitazioni, sul territorio urbano di Torino è perlopiù intercettata dalla rete di drenaggio superficiale. Gli studi eseguiti da Bortolami, De Luca e Filippini (1990) definiscono biunivoci i rapporti tra la falda superficiale e i corsi d'acqua del torrente Sangone e della Dora Riparia, in quanto dipendenti dalle vicende stagionali. Il fiume Po rappresenta il livello di base locale dell'acquifero e, per il tratto di scorrimento nel territorio di Torino, funge da recettore delle acque della falda superficiale. La condizione drenante del Po nel tratto urbano è sostanzialmente confermata dall'andamento delle isopiezometriche e dalle quote del fiume. La brusca rottura di pendio che si osserva in prossimità dell'alveo del Po è responsabile del drenaggio delle acque sotterranee.

La direzione di flusso media è ESE (120°N) e localmente varia secondo il grado di permeabilità dei depositi, assumendo direzione più francamente orientale e creando zone di convergenza (o divergenza) delle direttrici di flusso. Il gradiente idraulico della falda superficiale varia da 0.25% (valore medio nella zona centrale di Torino) a 0.7%-0.8% in prossimità del fiume Po.

5.3 Parametri idrodinamici dei complessi idrogeologici

I risultati delle indagini geognostiche eseguite sia nell'area del Lotto 3 che lungo il tracciato della Metropolitana tratta Marconi-Bengasi hanno evidenziato una sostanziale omogeneità dei depositi quaternari sede dell'acquifero superficiale; in questo contesto l'analisi delle numerose prove di caratterizzazione idrogeologica eseguite per le varie opere permette una reale definizione del campo di variabilità dei parametri idrodinamici.

La definizione dei parametri idrodinamici del complesso sede dell'acquifero superficiale (complesso ghiaioso-sabbioso) è stata basata sull'analisi delle prove idrauliche realizzate:

- all'interno dell'area di Progetto:
 - n. 29 prove Lefranc eseguite nei sondaggi geognostici per la fase di progettazione definitiva (2007);
 - n. 2 prove di pompaggio a portata costante realizzate (2004-2006) nella fase di progettazione degli interventi di bonifica dei terreni e delle acque dell'area ex-FIAT AVIO nella quale il Lotto 3 è inserito;
- in aree adiacenti all'area di Progetto, lungo l'asse viario di via Nizza:
 - n. 77 prove Lefranc eseguite nei sondaggi geognostici per la fase di PD e PE della Linea 1 della Metropolitana, tratta Marconi-Bengasi (2001-2008);

- n. 3 prove di pompaggio a portata costante realizzate per la fase di PD e PE della Linea 1 della Metropolitana in C.so Marconi, P.za Bozzolo e P.za Bengasi (2004-2008);

La figura qui di seguito riporta l'ubicazione delle varie prove eseguite ed analizzate per la definizione dei parametri idrodinamici dell'acquifero superficiale.

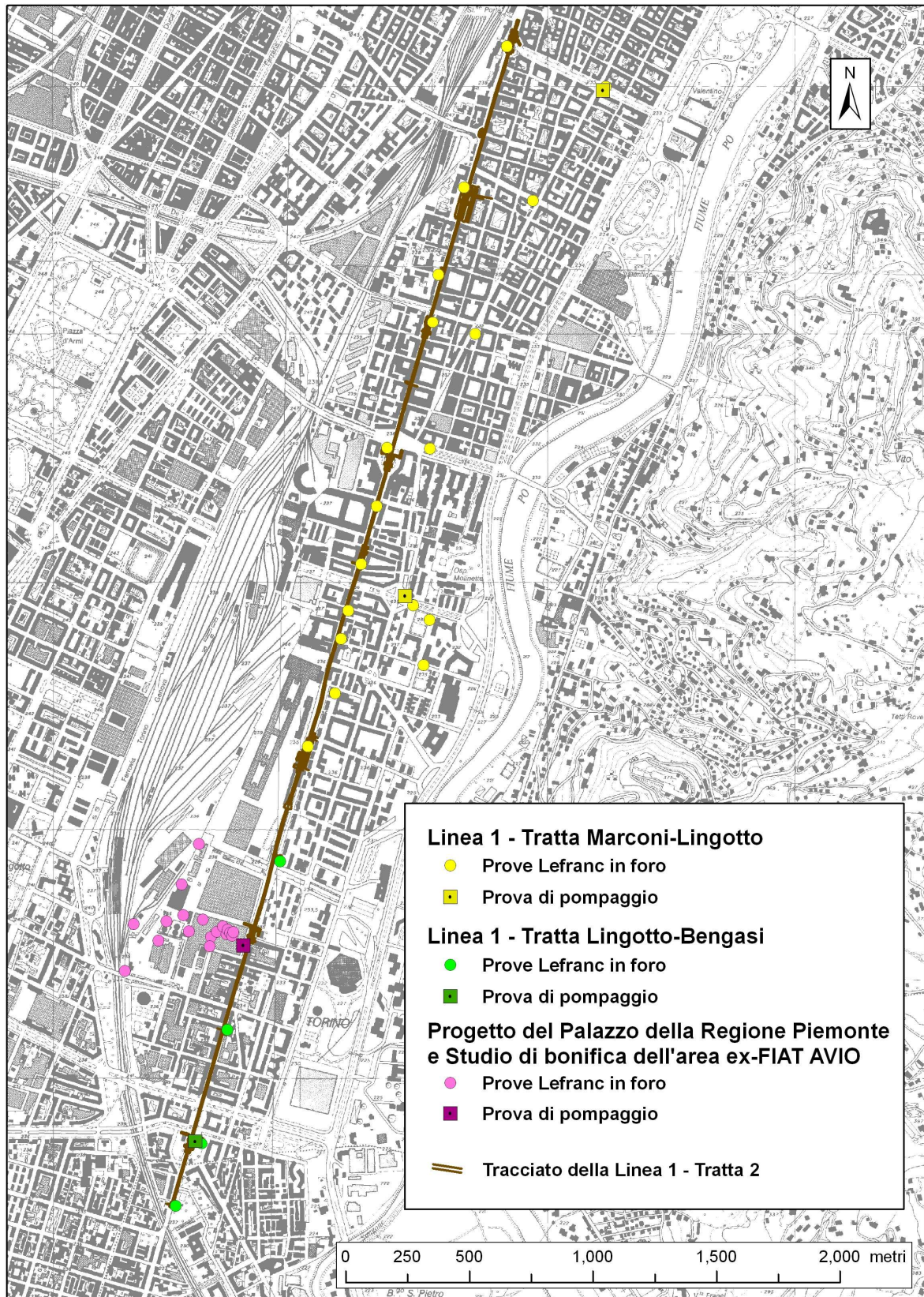


Figura 5-2: ubicazione delle prove di permeabilità (prove Lefranc e prove di pompaggio) eseguite nell'area urbana di Torino ed utilizzate per la caratterizzazione dell'acquifero superficiale.

5.3.1 Analisi dei risultati delle prove Lefranc

I risultati delle prove Lefranc eseguite per il Progetto Definitivo delle opere del Lotto 3 sono riassunti nella tabella seguente

Opere in progetto	N. prove eseguite	Valore minimo (m/s)	Valore medio (m/s)	Valore massimo (m/s)
Viabilità di accesso	12			
Palazzo del Consiglio Regionale	6			
Palazzo della Regione	11			
TOTALE	29	1E-06	6E-06	3E-05

Tabella 5-3: quadro riassuntivo delle prove di permeabilità Lefranc, eseguite per la progettazione delle varie opere nell'area del Palazzo della Regione.

I risultati delle prove Lefranc eseguite nelle diverse campagne per il Progetto Definitivo ed Esecutivo della Linea 1 della Metropolitana, tratta Marconi-Lingotto e Lingotto-Bengasi, sono riassunti nelle tabelle seguenti.

Campagne geognostiche	N. prove eseguite	Valore minimo (m/s)	Valore medio (m/s)	Valore massimo (m/s)
2001	34			
2003	15			
2004	15			
TOTALE	64	8E-06	2E-05	9E-04

Tabella 5-4: quadro riassuntivo delle prove di permeabilità Lefranc, eseguite nelle varie campagne di indagine per la progettazione definitiva ed esecutiva della Metropolitana, tratta Marconi-Lingotto.

Campagne geognostiche	N. prove eseguite	Valore minimo (m/s)	Valore medio (m/s)	Valore massimo (m/s)
2008	13	5E-07	2E-06	5E-06

Tabella 5-5: quadro riassuntivo delle prove di permeabilità Lefranc, eseguite nelle campagna di indagine per la progettazione definitiva della Metropolitana, tratta Lingotto-Bengasi.

5.3.2 Analisi dei risultati delle prove di pompaggio a regime costante

Precedente alla fase di indagine di PD, l'area del progetto del Lotto 3 è stata studiata per la valutazione e progettazione della bonifica dei terreni e delle acque. Nel corso dello studio, eseguito per la società IPI S.p.A. e successivamente per il Gruppo Zunino RI Investimenti s.r.l., sono state eseguite n.2 prove di pompaggio. Sebbene i tempi di emungimento di queste due prove siano state inferiori alle canoniche 24h, i dati hanno evidenziato una

stabilizzazione dei livelli misurati nei piezometri, per cui si ritiene che i dati elaborati permettano una valutazione attendibile del grado di permeabilità. I dati della risalita del livello di falda, una volta arrestato il pompaggio, sono stati inoltre elaborati per verificare l'attendibilità dell'elaborazione dei dati della fase di pompaggio. I dati sono riportati nell'Allegato 3.

I dati ed i risultati delle due prove sono riassunti nella tabella seguente.

Ditta esecutrice (anno)	Durata (h)	Portata emunta (l/s)	Range permeabilità (m/s)	Porosità efficace (%)
TRS Servizi Ambiente (2004)	7	36	1E-03÷2E-03	28
Studio Idrogeotecnico Applicato s.a.s. per conto Studio Tedesi (2006)	5	19	5E-03÷6E-03	-

Tabella 5-6: quadro riassuntivo delle prove di pompaggio a regime costante, eseguite nell'area dell'ex-FIAT AVIO .

Nell'ambito della fase di PD e PE della Metropolitana sono state eseguite n.3 prove di pompaggio a lunga durata lungo l'asse di via Nizza. La tabella seguente riassume dati e risultati delle prove.

Ubicazione (anno)	Durata (h)	Portata emunta (l/s)	Permeabilità (m/s)	Porosità efficace (%)
C.so Marconi (2003)	15	68	3E-03	20
C.so Spezia/P.za Bozzolo (2003)	24	56	1E-03	15
P.za Bengasi	48	78	4E-03	-

Tabella 5-7: quadro riassuntivo delle prove di pompaggio a regime costante, eseguite per il Progetto della Metropolitana, lungo via Nizza.

5.3.3 Analisi critica dei risultati e scelta dei parametri idrodinamici dell'acquifero superficiale

Il confronto tra i risultati delle prove Lefranc e le prove di pompaggio sopra riportate evidenzia, in maniera piuttosto netta, una differenza tra i risultati delle prove Lefranc, caratterizzate da una permeabilità più bassa e le prove di pompaggio a permeabilità più elevata. La differenza, considerando i valori medi, è di circa 2.5 ordini di grandezza.

In merito alle differenze tra le due prove di caratterizzazione idrogeologica si deve osservare che:

- le prove di pompaggio, per le modalità di esecuzione, danno un risultato che è riferibile all'insieme dell'acquifero testato e sono dunque molto meno influenzabili da possibili livelli fini presenti nei depositi quaternari;
- le prove Lefranc si riferiscono alla profondità della posizione della "tasca" di prova e dunque sono più facilmente influenzabili dalla presenza locale di materiale limoso meno permeabile;
- le prove Lefranc risentono in maniera decisamente maggiore del disturbo arrecato dalla perforazione.

L'analisi di una notevole mole di dati, relativi a indagini eseguite da diverse ditte di indagini, ma seguendo sempre la stessa modalità esecutiva (sia per le prove Lefranc che per le prove di pompaggio) sembra indicare che la presenza di livelli più fini nella tasca di prova delle prove Lefranc non può essere la sola causa della differenza dei risultati.

La causa delle differenze è probabilmente attribuibile alle modalità di preparazione della tasca di prova, la quale è creata tramite l'approfondimento della perforazione (per rotazione della corona) per circa 0.5m oltre il limite inferiore del rivestimento. Tale rotazione facilita la creazione di uno strato poco permeabile creato dalla compattazione della matrice limoso-sabbiosa presente nei depositi quaternari. Le modalità della prova Lefranc, nella quale si valuta il grado di infiltrazione di una quantità d'acqua sottoposta ad un carico idraulico (legato alla profondità della tasca di prova ed alla posizione del livello di falda) non permettono la rimozione dello strato compattato all'intorno della tasca di prova dunque possono influenzare il risultato della prova.

La prova di pompaggio, realizzata in pozzo appositamente sviluppato con tubazione di rivestimento filtrante sottoposto successivamente alle operazioni di spurgo, non risente di questa locale alterazione della permeabilità e permette di valutare in maniera più attendibile il grado di permeabilità dei terreni.

Nella prove di pompaggio sono state ritenute più attendibili nella definizione dei parametri idrodinamici dei depositi quaternari, sede dell'acquifero superficiale.

Per le considerazioni espresse, la tabella sottostante riporta i parametri idrogeologici stimati caratteristici dei depositi quaternari del complesso idrogeologico ghiaioso-sabbioso presenti nel Lotto 3.

Permeabilità K	Porosità efficace
(m/s)	%
8E-04÷3E-03	15-20

Tabella 5-8: parametri idrodinamici del complesso idrogeologico ghiaioso-sabbioso sede dell'acquifero superficiale.

In merito ai parametri del complesso limoso-argilloso-sabbioso, non testato dalle prove di permeabilità, si valuta, sulla base della composizione granulometrica, un valore di permeabilità medio $< a 1E-07$ m/s.

5.4 Modello idrogeologico di riferimento progettuale

La tabella riportata nel paragrafo 4.2.4. illustra i dati relativi al livello di falda misurata nelle verticali di indagine eseguite nell'area del Lotto 3. Queste misure si riferiscono quindi al periodo autunno-inverno 2007-2008. Tali letture, sebbene evidenzino una superficie di falda sostanzialmente stabile e livellata con l'andamento della falda, noto dagli studi di carattere generale, presentano alcune lievi anomalie, sostanzialmente riconducibili a due fatti:

- l'attività di pompaggio della falda tramite una batteria di pozzi ubicati lungo il bordo orientale (via Nizza) dell'area di progetto. Tale attività ha lo scopo di costruire una barriera idraulica attiva per impedire il propagarsi del "plume" di inquinanti presenti in falda. La portata totale del pompaggio, dai dati raccolti presso il Settore Ambiente e Territorio del Comune di Torino che segue l'attività, è di circa 60 l/s ed ha carattere costante. L'acqua emunta viene scaricata nella rete fognaria e quindi il pompaggio induce una variazione del livello di falda nelle aree adiacenti;
- la maggior parte dei dati acquisiti sono relativi a letture eseguite a fine carotaggio (solo 3 sono i piezometri installati) e dunque il livello potrebbe non essere ancora perfettamente stabilizzato.

Le anomalie riscontrate sono riconducibili a valori decimetrici, quindi, al fine di ricostruire il pannello piezometrico relativo al periodo invernale 2007-2008, sono stati mediati i valori misurati. Il risultato, per quanto riguarda la geometria di flusso, è stato confrontato con le superfici piezometriche elaborate nell'area, nel corso degli studi di caratterizzazione idrogeologica per il progetto di bonifica da diversi enti priva e pubblici.

La figura sottostante riporta il pannello piezometrico dell'area del Lotto 3 relativo al periodo invernale 2007-2008.

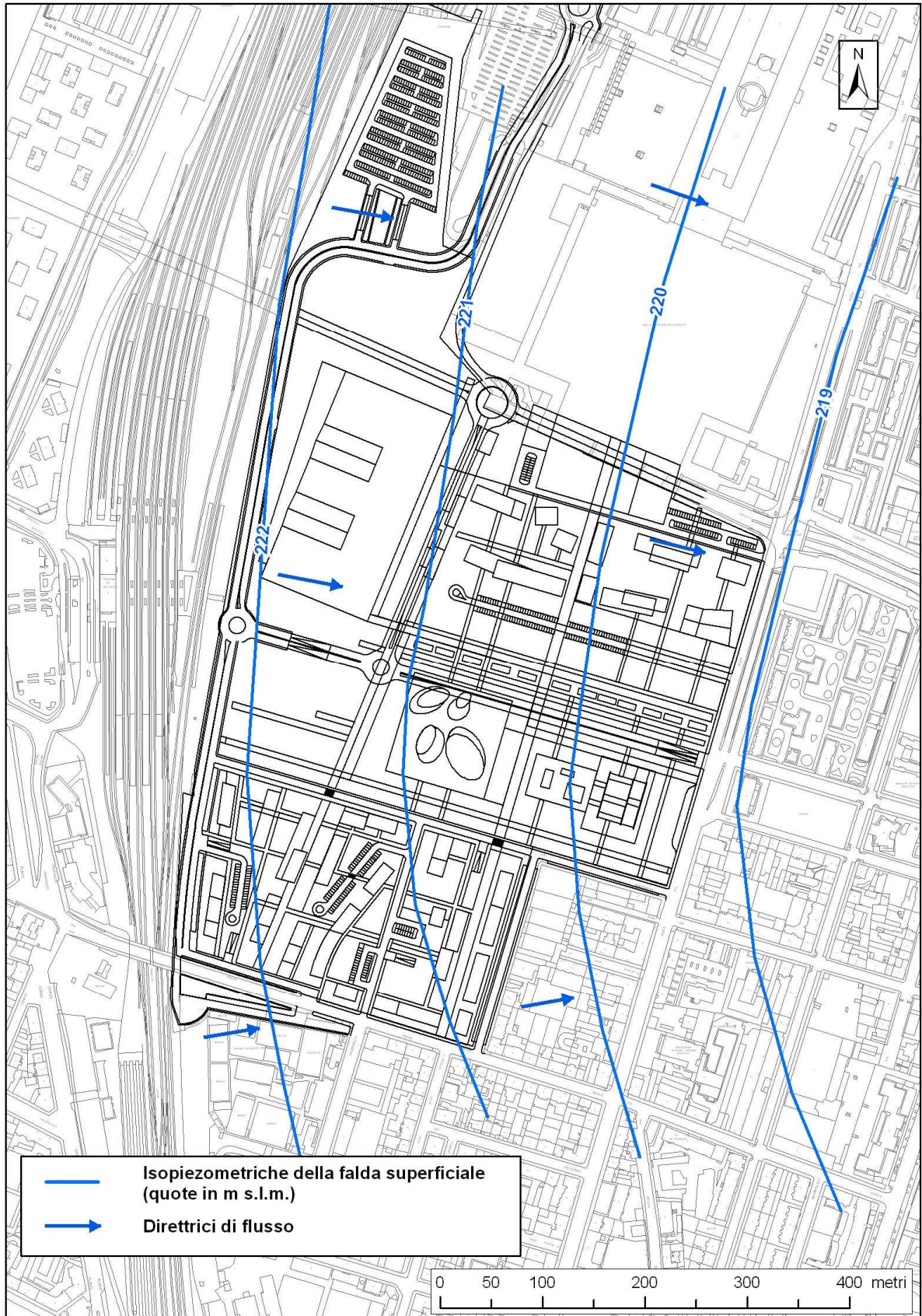


Figura 5-9: pannello piezometrico della falda superficiale, periodo inverno 2007-2008.

5.5 Oscillazioni del livello della falda superficiale

Al fine di valutare la potenziale escursione del livello di falda sono stati esaminati i dati relativi al monitoraggio dei piezometri ubicati sia nell'area del Progetto, sia dei piezometri installati per il Progetto della Metropolitana, ubicati lungo l'asse di via Nizza.

Una prima analisi ha compreso il piezometro S38, ubicato dentro la stazione Lingotto della Metropolitana (in costruzione) e i dati relativi alle letture eseguite in diversi periodo su due piezometri installati nell'area ex-FIAT AVIO, PM5 e PM4. La figura sottostante riporta il grafico dei valori di soggiacenza.

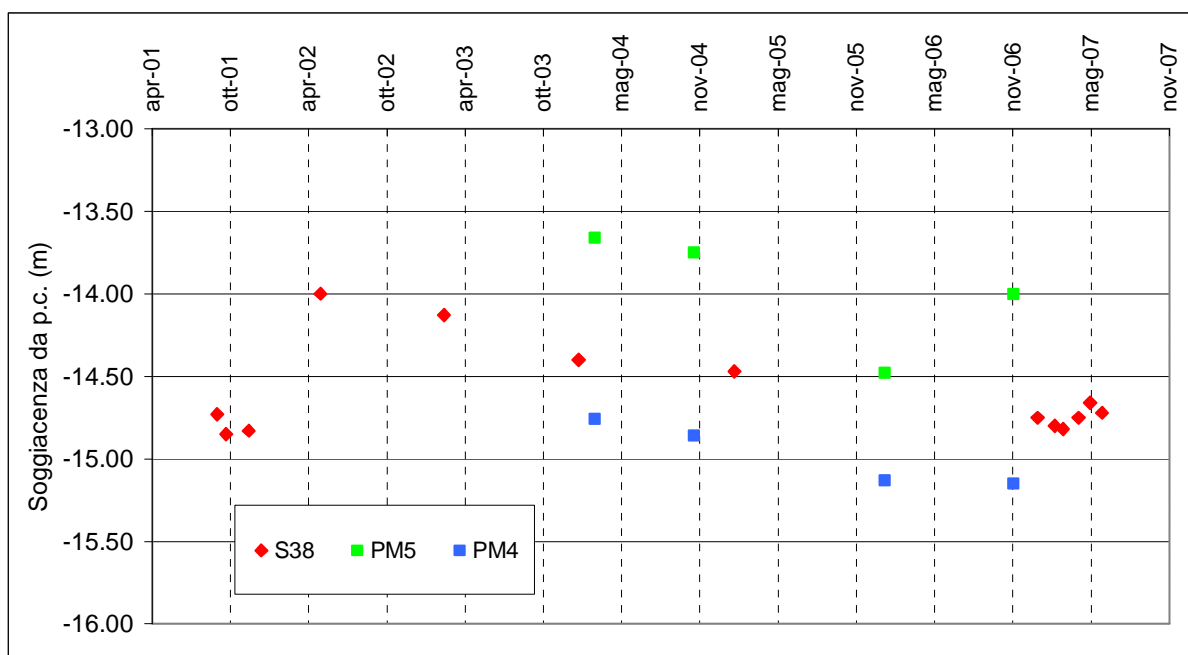


Figura 5-10: grafico dei valori di soggiacenza per i piezometri ubicati nell'area Lingotto-Lotto 3

Il grafico evidenzia che:

- l'andamento generale è simile per tutti e tre i piezometri, confermando che la falda superficiale reagisce agli input di ricarica in modo uniforme;
- a partire dalla primavera 2002, il livello di falda è sceso, in tutti i piezometri;
- l'entità totale delle oscillazioni dal 2002 al 2007 è sempre inferiore al metro.

I dati mostrati nel grafico, essendo misure puntuali non permettono di valutare se, da una misura all'altra (a volte distanziate di alcuni mesi), il livello possa registra picchi di entità superiore al metro.

Per valutare meglio il comportamento della falda in risposta agli input di ricarica, sono stati esaminati i dati di due piezometri ubicati in piazza Carducci, dove sono disponibili un

piezometro manuale (SN4) monitorato dal marzo 2003 e i dati registrati in continuo (ogni 12h) del piezometro 07C02 (da luglio 2007), installato per la fase costruttiva della stazione della Metropolitana.

Il grafico incrocia gli andamenti piezometrici (valore della soggiacenza della falda) con i valori di precipitazione mensile (stazione Buon Pastore e via della Consolata) registrati dal 2001 al 2007.

L'andamento del piezometro S38 è aggiunto per un raffronto diretto con la situazione analizzata nel grafico precedente.

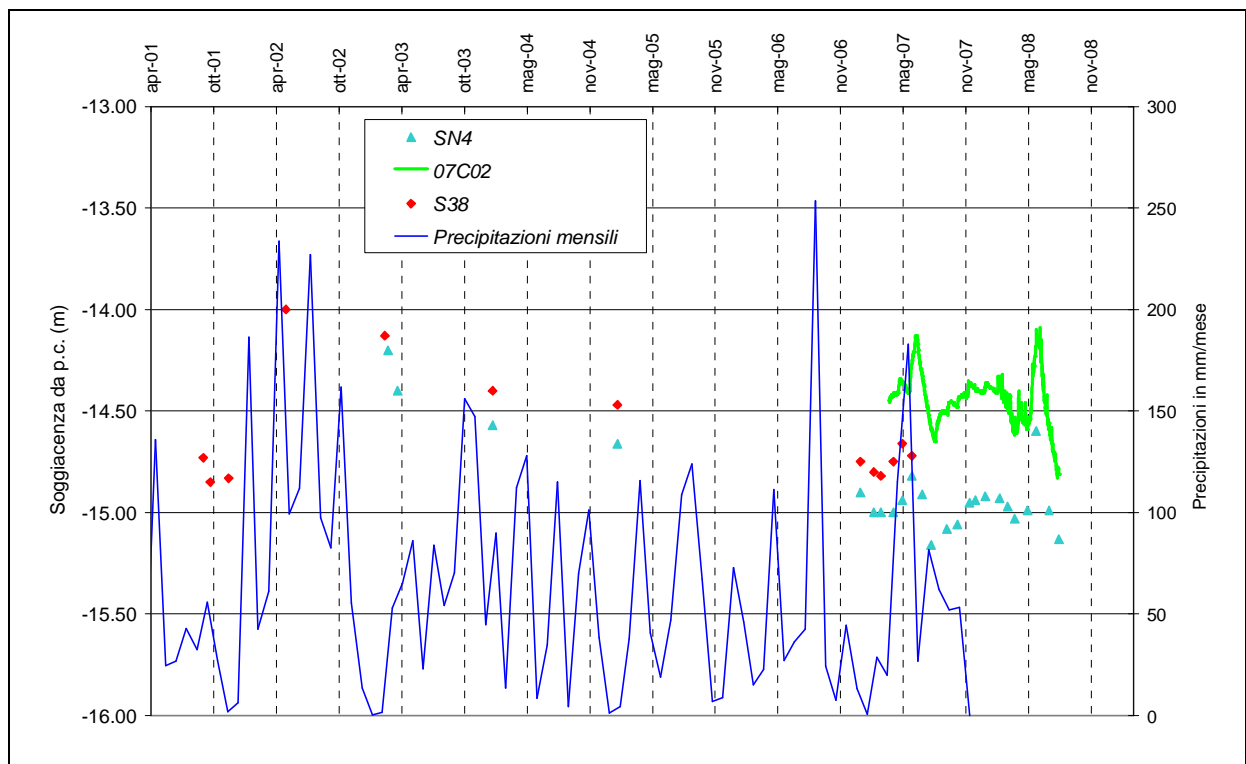


Figura 5-11: grafico dei valori di soggiacenza e relativi valori di precipitazioni meteoriche per i piezometri ubicati nell'area Lingotto-P.za Carducci

L'analisi dei dati sul grafico evidenzia che:

- l'andamento generale è simile per tutti i piezometri, confermando, in un'area di maggior estensione (Lingotto-P.za Carducci) che la falda superficiale reagisce in modo uniforme;
- si conferma a partire dalla primavera 2002, una discesa del livello di falda in tutti i piezometri. Tale discesa si stabilizza sui valori registrati nell'inverno 2007;
- i dati pluviometrici mensili evidenziano un trend decrescente a partire dalla primavera 2002. Tale andamento è interrotto nel settembre 2006 (253mm) e a giugno 2007 (182mm);

- tutti i dati esaminati, sia relativi a monitoraggi discreti che continui, evidenziano che l'oscillazione del livello di falda, considerando un periodo di circa 7 anni (2001-2008), è inferiore al metro.

I dati provenienti dal monitoraggio automatico mostrano come la falda reagisca in ritardo rispetto agli input di ricarica della precipitazione. Tale ritardo, causato dall'estensiva impermeabilizzazione del territorio urbano, si può quantificare in ca. 1÷1.5 mesi. Qualitativamente si può affermare che il livello di falda risente in misura maggiore dell'apporto causato da un prolungato periodo di precipitazioni rispetto a un singolo evento, pur d'elevata entità.

In riferimento all'area di progetto, le analisi sopra riportate permettono di avanzare le seguenti conclusioni:

- il livello di falda riportato nella figura 5.9, relativo al periodo invernale 2007-2008, è riferibile ad un periodo di magra;
- il livello massimo si dovrebbe attestare su un valore differenziale di +1.0 ÷ +1.5m da quello di magra.

5.5.1 Analisi delle variazioni storiche della falda di Torino

Le tendenze evolutive a medio-breve termine sono sostanzialmente influenzate dalla distribuzione delle precipitazioni durante l'anno e dal succedersi di anni a piovosità superiore alla media (la media per Torino è valutabile in 830-840 mm/h totali). Un trend di crescita pluriennale è stato osservato negli anni 1996-1997, al contrario gli anni 1987-1988 avevano un livello di falda inferiore alla media (Civita e Pizzo, 2001). In ogni caso, tale trend pluriennale di crescita comporta un incremento di +1.2÷ +1.5 m rispetto al livello di partenza. Tali valutazioni sono state eseguite in zone di Torino diverse da quelle dove si sviluppa il Progetto e gli incrementi indicati non sono necessariamente validi anche per l'area del Progetto, in quanto tali incrementi possono essere parzialmente anche dovuti a condizioni locali di vicinanza a corpi idrici (cfr. Dora Riparia).

Per quanto riguarda le tendenze evolutive della falda superficiale a lungo termine i dati storici indicano che:

- alcuni dati di pozzi ritrovati nella zona di Porta Susa consentono di ipotizzare il livello della falda storica posto ad una quota di 4-5 metri superiore a quella misurata attualmente nella stessa zona;

- la differenza di quota è stata calcolata nella zona di Porta Susa; mancando indicazioni sul resto del territorio urbano; data tale assenza di dati, si dovrebbe ipotizzare che le condizioni generali di deflusso non siano variate nel corso delle epoche storiche e che dunque il valore differenziale di +4-5 metri possa applicarsi alla superficie di falda identificata in tempi recenti, cosa che è difficile da ipotizzare in quanto le condizioni di infiltrazione del territorio di Torino siano sostanzialmente variate rispetto all'epoca storica di riferimento dei pozzi osservati (fine 1700). L'urbanizzazione del territorio ha praticamente azzerato la ricarica diretta e attualmente, la gran parte dell'acqua che cade sul territorio urbano è intercettata dalla rete di drenaggio delle acque bianche e convogliata nel fiume Po, non contribuendo alla ricarica della falda;
- il progressivo decentramento delle attività produttive dal territorio urbano e la conseguente chiusura dei pozzi usati a scopo industriale fino agli inizi degli anni '80 ha determinato un innalzamento della falda. I dati recenti (a partire dalla fine degli anni '80) mostrano che l'effetto di innalzamento indotto dalla dismissione dei pozzi collegati alle attività produttive si è sostanzialmente ridotto, se non annullato. Attualmente, il livello della falda dipende in maniera diretta dalle precipitazioni meteoriche che cadono sui bacini idrogeologici della Dora Riparia e della Stura di Lanzo, che contribuiscono all'alimentazione della falda superficiale di Torino.

5.6 Interazione delle opere in progetto con l'assetto idrogeologico

5.6.1 Premessa

Le opere previste nel Progetto Definitivo del Lotto 3 riguardano manufatti (Palazzo della Regione e del Consiglio Regionale) le cui opere di fondazione, data l'elevazione (circa 200m per il Palazzo della Regione), saranno necessariamente spinte in profondità nel sottosuolo. Sono inoltre previsti altre opere interrato di due e tre piani fino a una profondità massima di circa -9m dal piano campagna.

Gli impianti per il condizionamento/riscaldamento delle opere in progetto richiedono prelievi dell'acqua di falda che in ragione della stagione possono raggiungere portate considerevoli (circa 100 l/s).

A questo scenario progettuale si aggiunge la presenza della Linea 1 della metropolitana, con la presenza della stazione Italia 61, le cui opere di fondazione sono spinte in profondità ben al di sotto della superficie di falda.

Con particolare riferimento alla stazione della metropolitana, l'orientazione della direzione di flusso sotterraneo è circa ortogonale alla direzione di massimo allungamento della struttura,

fattore predisponente alla massima interferenza tra le opere in progetto e il flusso idrico sotterraneo.

In linea generale una struttura di fondazione rappresenta un ostacolo al flusso idrogeologico della falda freatica che può causare un innalzamento a monte (rispetto alla direzione di fusso) ed un simmetrico abbassamento a valle. L'entità dell'interferenza è in funzione dei seguenti fattori:

- permeabilità modificata dalla fondazione;
- larghezza della zona di interferenza;
- altezza della sezione idraulica residua.

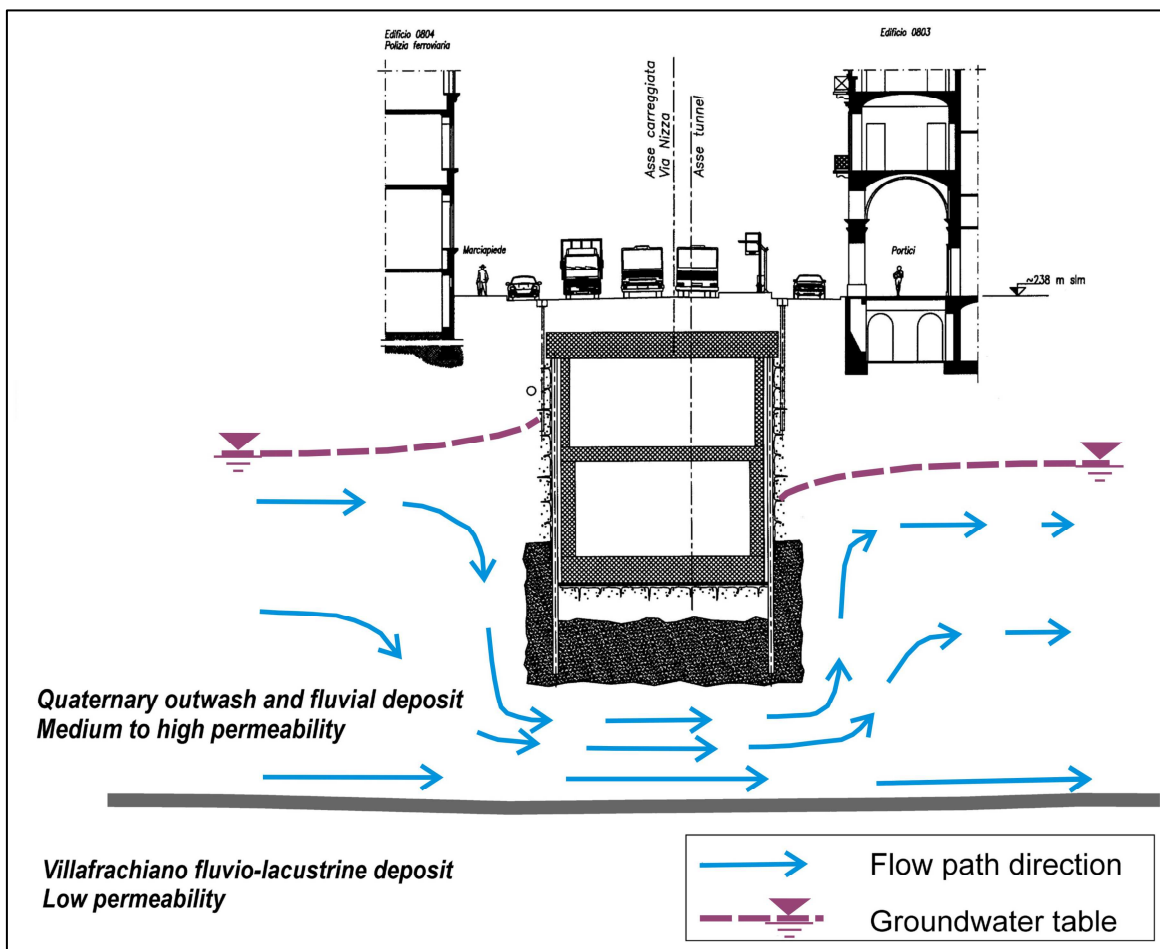


Figura 5-12: schematizzazione concettuale delle potenziali variazioni di flusso indotto (in profilo) dalla presenza di manufatti interferenti con la falda superficiale.

Inoltre il campo pozzi previsto a monte per il prelievo delle acque di falda crea una zona di depressione la cui ampiezza ed estensione è funzione di:

- portata emunta;
- permeabilità del mezzo.

Si prefigura quindi un'interferenza sul regime di scorrimento della falda causata sia dalle opere di fondazione degli edifici sia dai prelievi per i fabbisogni idrici degli impianti. Tale interferenza deve essere valutata e quantificata, in modo da verificare che gli effetti delle condizioni "alterate" di flusso siano adeguatamente considerate negli ambiti progettuali delle singole opere. A tal fine è stato implementato un modello numerico di flusso tridimensionale, in grado di valutare complessivamente l'interferenza causata dalle singole opere sul regime di scorrimento della falda al fine di evidenziare e valutare le ricadute in termini progettuali e di verifiche strutturali.

5.6.2 Area del modello

L'estensione dell'area del modello è stata determinata secondo due esigenze:

- contenere le opere in progetto interferenti con la falda superficiale;
- estensione sufficiente perché le condizioni imposte (al contorno) non potessero influenzare i risultati.

La figura sottostante riporta l'estensione e la discretizzazione del dominio di calcolo in celle e il particolare degli elementi di interferenza con la falda superficiale considerati nel modello numerico.



Figura 5-13: area del modello e discretizzazione del dominio di calcolo.

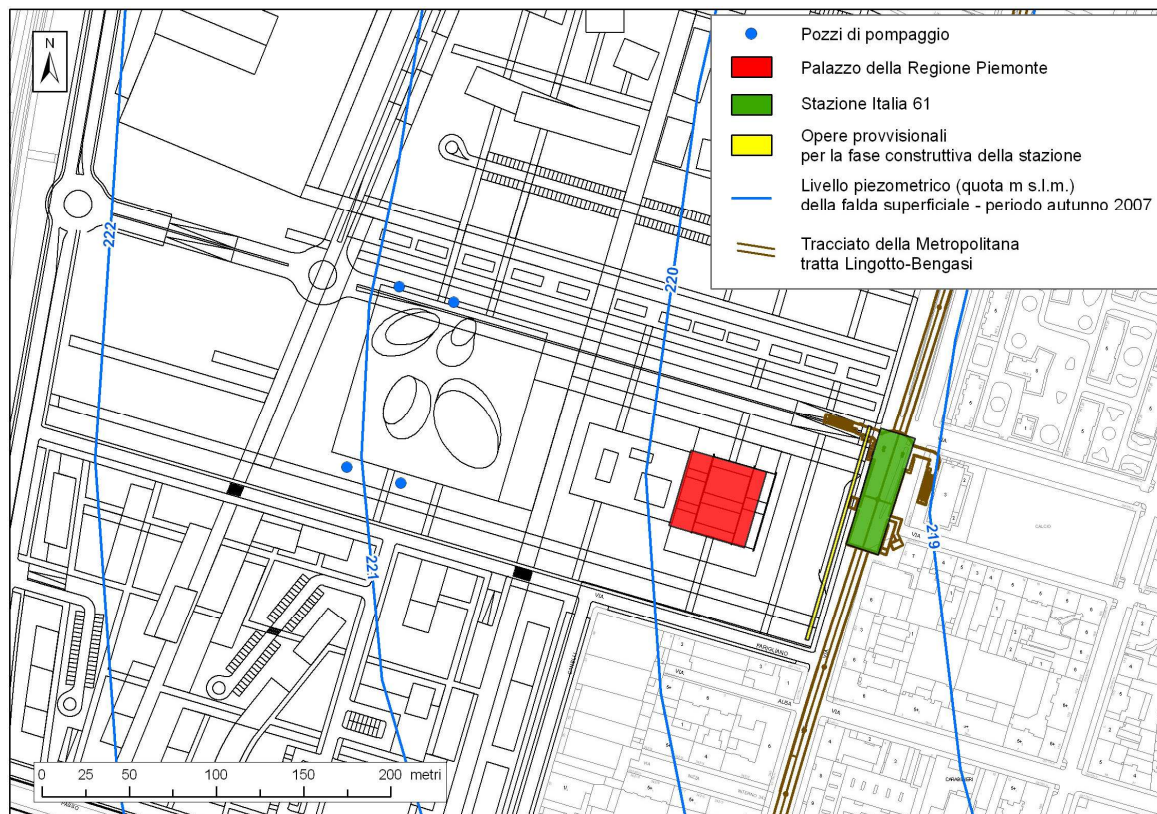


Figura 5-14: particolare degli elementi considerati nel modello numerico di flusso presenti nel Lotto 3.

5.6.3 Opere interferenti

In linea generale, le opere a monte della stazione Italia 61 (rispetto allo scorrimento della falda) possono causare un'alterazione del regime di scorrimento delle acque che verrà ulteriormente modificato dalla presenza della stazione.

Al fine di valutare l'effetto di interferenza dei manufatti considerati dal modello, è stata fatta una prima analisi delle loro opere di fondazione per determinare il ruolo e la conseguente interferenza che potrebbero causare.

Palazzo della Regione: allo stato attuale di aggiornamento del progetto è previsto un trattamento di consolidamento dei terreni quaternari posti al di sotto della piastra di fondazione, collocata ad una profondità di ca. 12.5m (sopra il livello di falda). Tale trattamento, esteso per circa 10m al di sotto della piastra determina una riduzione del grado di permeabilità dei terreni superficiali e conseguentemente una riduzione del moto di scorrimento delle acque di falda.

Stazione Italia 61: le paratie della stazione (realizzate tramite idrofresa) determinano una riduzione della sezione di flusso al di sotto dell'opera. La profondità delle paratie è stata considerata fino a quota 204.5m s.l.m. E' stata inoltre considerata nel modello la presenza di

opere provvisorie per la fase costruttiva, realizzate tra la Stazione ed il Palazzo della Regione.

Sistema di prelievo delle acque per le pompe di calore: il sistema prevede la presenza di n.4 pozzi di prelievo, posti a monte del Palazzo della Regione. La restituzione delle quantità d'acqua captate avverrà tramite rete idrica e dunque non contribuirà in alcun modo ad alterare il regime di flusso delle acque di falda. L'impianto necessita di quantità d'acqua variabile, secondo la stagione considerata e l'ora del giorno. Una valutazione previsionale fornita dal progettista dell'impianto, indica che la quantità d'acqua necessaria variabile da ca. 10 l/s a poco meno di 100 l/s. Tale prelievo massimo si realizza solamente per poche ore al giorno (5h) nei mesi estivi.

5.6.4 Codice utilizzato e condizioni al contorno

Il codice di calcolo alle differenze finite utilizzato è MODFLOW (McDonald e Harbaugh, USGS 1988, 1996) nella versione implementata in un apposito software dedicato alla modellizzazione dei sistemi acquiferi (GMS 3.1 Groundwater Modeling System, Boss International, 2001), in grado di sviluppare analisi geostatistiche utilizzando diversi metodi di interpolazione.

Al fine di riprodurre il campo di moto osservato, sono state imposte le seguenti condizioni al contorno:

- condizioni di carico imposto ("condizione di Dirichlet");
- condizioni di flusso variabile;
- condizioni di non flusso.

Le condizioni di carico idraulico imposto sono state applicate sul bordo ovest ed est del modello al fine di simulare le condizioni di alimentazione della falda superficiale (ricarica laterale prevalente) con riferimento alla geometria di flusso ricostruita dalle letture piezometriche (cfr. par. 5.4. fig. 5.9).

Le condizioni di "non flusso" sono state applicate ai bordi del modello dove la direzione di flusso è perpendicolare agli stessi.

Il modello numerico ha uno spessore totale di 55m, prendendo in considerazione i due complessi idrogeologici di interesse progettuale.

Le simulazioni sono state condotte in regime stazionario, considerando l'unico elemento interferente variabile con il tempo (l'attività di pompaggio) come permanente. Tale condizione, ipotizzando gli scenari più gravosi (per quanto riguarda il protrarsi dell'attività di pompaggio dell'acqua di falda), determina una quantificazione cautelativa (massima) dell'interferenza prodotta.

5.6.5 Ipotesi progettuali considerate

Dalla valutazione delle prove di caratterizzazione del grado di permeabilità sono state adottati i seguenti valori di permeabilità:

- complesso ghiaioso-sabbioso variabile da $8E-04$ m/s a $2E-03$ m/s, $kh/kz=2$
- substrato pliocenico $5E-08$ m/s, $kh/kz=1$
- livello sabbioso-fine potente 2.5m e posto sopra i sedimenti limosi-argillosi pliocenici (evidenziato dallo scavo della staz. Lingotto, indagini PD prolungamento metro e PD Palazzo Regione) $1E-06$ m/s, $kh/kz=1$

La profondità del substrato pliocenico è stata interpolata sulla base dei risultati dei sondaggi eseguiti nell'area.

Il livello di falda è stato considerato +0.5m rispetto a quello del periodo di magra.

Le condizioni imposte al modello per simulare la presenza delle fondazioni dei vari manufatti ed il sistema di estrazione/restituzione delle acque sono:

Palazzo della Regione: l'effetto del trattamento di consolidamento jet-grouting (colonne 1.5m dia) è stato simulato ponendo la permeabilità dei terreni sotto il palazzo = $5E-08$ m/s fino alla quota 211m s.l.m.

Stazione Italia 61: simulata tramite funziona HFB (Horizontal Flow Barrier) che simula la presenza di una barriera idraulica ($k=5E-08$ m/s) costituita dalle paratie infisse fino a quota 204.5m s.l.m. su tutta l'estensione della stazione. E' stata inoltre simulata la presenza dell'opera provvisoria tramite l'imposizione di una barriera idraulica estesa in verticale fino alla quota 207m s.l.m. e posta alla distanza di 4m dalla stazione in direzione del Palazzo della Regione per un'estensione planimetrica di circa 130m.

Pozzi di estrazione: simulati tramite apposita routine presente nel codice di calcolo (funzione "well"). La portata è stata posta pari a 100 l/s: dagli scenari forniti dal progettista degli impianti si rileva che questa è una condizione molto più gravosa del normale utilizzo durante i tre mesi estivi (massimo prelievo ipotizzato), considerando che:

- per 9 mesi si estraggono max 60 l/s con un valore medio di circa 50 l/s;
- nei 3 mesi estivi il fabbisogno sale a 70 l/s per 6h e poi a 97 l/s per altre 6h, poi scende a 50 l/s.

5.6.6 Scenari considerati

Sono stati considerati due diversi scenari, attivando singolarmente o insieme tutti gli elementi interferenti con la falda superficiale per valutare sia il grado di interferenza prodotto a lungo termine (opere entrambe costruite) sia la situazione che potenzialmente potrebbe verificarsi nel caso che una di queste due opere fosse completata prima.

Gli scenari ipotizzati ai fini progettuali sono:

1. costruzione del Palazzo della Regione e degli impianti di emungimento;
2. costruzione del Palazzo della Regione, degli impianti di emungimento e della stazione Italia 61 con relative opere provvisorie per la fase costruttiva.;

5.6.7 Risultati e considerazioni

I risultati ottenuti dalle simulazioni evidenziano chiaramente che l'elemento di maggior interferenza è relativo alla presenza dei 4 pozzi di emungimento. L'attività di pompaggio di 100 l/s crea una depressione della superficie di falda i cui effetti si propagano, data l'elevata permeabilità del complesso ghiaioso-sabbioso, fino alle opere poste a valle dei pozzi; il Palazzo della Regione e la stazione Italia 61.

L'entità di tale depressione è massima (circa -1.4m) all'interno del campo pozzi ed è valutabile in circa -0.7÷-1.0m sul Palazzo della Regione e poco meno sulla stazione della Metropolitana.

Ne consegue che i potenziali effetti di rigurgito causati dalla parziale riduzione della sezione idrica di flusso sotto i manufatti (in particolare sotto la stazione Italia 61, le cui paratie sono l'elemento più profondo) sono totalmente obliterati dalla depressione indotta dal pompaggio.

In questo scenario la quantificazione degli scenari 1 e 2 ipotizzati nel paragrafo precedente sono praticamente coincidenti.

Una valutazione eseguita senza considerare la depressione indotta dal pompaggio, quantifica in massimo +0.5m l'innalzamento prodotto per "effetto diga" dalle paratie. L'interferenza prodotta dal trattamento di consolidamento del terreno, non causando una totale ostruzione del flusso (la sezione "libera" residua è di circa 15m) ed essendo estesa per solo 50m nella direzione ortogonale al flusso, non determina interferenze rilevanti sulla falda superficiale.

La figura sotto riportata illustra lo scenario dell'interferenza causata dalla contemporanea presenza di tutti gli elementi considerati.

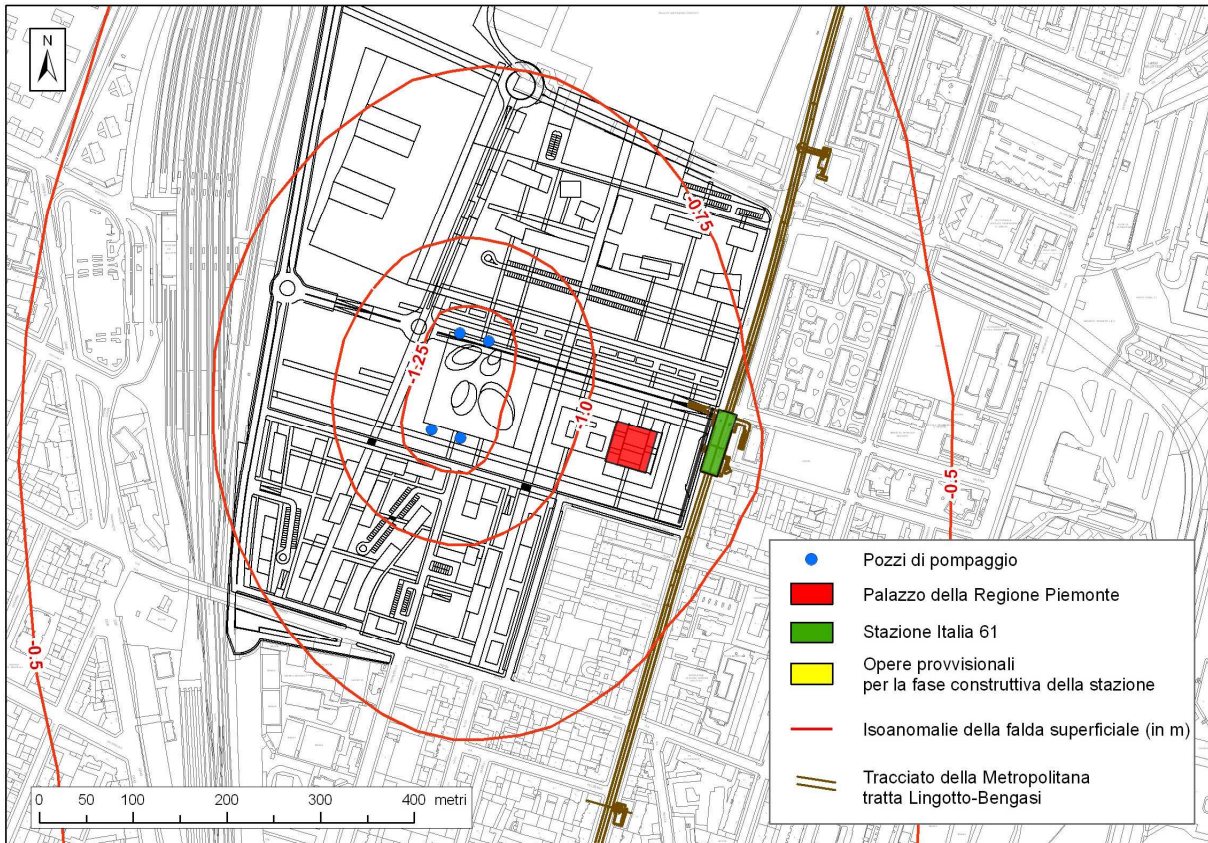


Figura 5-15: area del modello discretizzazione del dominio di calcolo(sopra) e particolare degli elementi considerati nel modello numerico di flusso presenti nel Lotto 3 (sotto).

A commento del risultato occorre ricordare che la simulazione modellistica ha adottato, per criteri cautelativi, un regime d'emungimento pari al massimo ipotizzato e le simulazioni sono state svolte in regime stazionario. Da un punto di vista pratico, le due ipotesi sono sostanzialmente legate tra loro in quanto se, per ragioni impiantistiche, ci fosse l'esigenza di estendere il pompaggio della falda al massimo ipotizzato per un periodo prolungato, (indicativamente > 12h, data la medio-alta permeabilità dei depositi) si otterrebbe una situazione prossima al regime stazionario e dunque, un risultato simile a quello sopra evidenziato.

In ogni caso, l'interferenza sulla falda valutata (cautelativamente) secondo la presenza di tutti gli elementi considerati, essendo sostanzialmente dello stesso ordine di grandezza della naturale oscillazione pluriennale della falda, non crea ripercussioni di natura geotecnica sugli edifici adiacenti né altera in maniera rilevante il regime naturale di scorrimento della falda superficiale.

6 SISMICITÀ DELL'AREA

Dal punto di vista sismico, il territorio comunale della città di Torino non è inserito nell'elenco delle località sismiche di prima e seconda categoria (elenco allegato alla legge 25/11/1962 n. 1684) dunque non è sottoposto a particolari provvedimenti o restrizioni riguardanti la costruzione di opere o manufatti. Secondo quanto, inoltre, riportato dall'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 12/06/1998 n. 2788 "Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale", il comune di Torino risulta come non classificato e dunque non soggetto a particolari vincoli progettuali.

La vigente O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 introduce la nuova classificazione sismica del territorio italiano, secondo quanto elaborato dal Consiglio Sismico Nazionale (GdL 23/04/1997, con l'introduzione della zona 4 (ex comuni non classificati). Relativamente a tale zona, l'O.P.C.M. da facoltà alle Regioni di imporre o meno l'obbligo di progettazione antisismica. Il comune di Torino risulta classificato per l'appunto in zona 4.

La Deliberazione Regionale D.G.R. N. 61 - 11017 del 17/11/2003 "Deliberazione della Giunta della Regione Piemonte in merito alla riclassificazione a rischio sismico del territorio regionale", indica "di non introdurre, per la zona 4, l'obbligo della progettazione antisismica, ad esclusione di alcuni tipi di edifici e di costruzioni rientranti tra quelli di interesse strategico di nuova costruzione che verranno individuati con successivo atto deliberativo, come previsto dall'articolo 2, comma 4 dell'O.P.C.M. n. 3274".

Ai sensi della Deliberazione Regionale D.G.R. N.64-11402 del 23/12/2003 (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n.3274 -"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" - Disposizioni attuative dell'articolo 2), si evince che l'opera non ricade nell'elenco delle tipologie di costruzioni di nuova edificazione ritenute d'interesse strategico per le quali, benché in zona 4, è introdotto il rispetto della progettazione antisismica prevista dall'O.P.C.M. n.3274 (Allegato B alla deliberazione), e pertanto l'intervento è svincolato da tale tipo di verifiche.

7 RACCOMANDAZIONI

Sulla scorta dei risultati evidenziati nei precedenti paragrafi, si evidenziano alcune raccomandazioni sostanzialmente legati al contesto idrogeologico, in quanto l'analisi delle caratteristiche geologiche e stratigrafiche dei terreni sono state debitamente approfondite e valutate nella Relazione Geotecnica (cod. elab. PR-3-D-S-G-06-0).

L'analisi dei dati di monitoraggio ha evidenziato che l'attuale livello di falda (riportata dalla figura 5.9 e relativa al periodo invernale 2008) è riconducibile ad un livello di magra, rispetto al livello potenzialmente raggiungibile in seguito a cicli pluriennali di maggior piovosità. L'incremento potenziale del livello di falda è valutato in +1m ÷ +1.5m rispetto a quello attuale. Si raccomanda dunque di adottare un valore cautelativo, in termini di quote assolute, da utilizzarsi per le verifiche strutturali delle opere civili.

E' stata segnalata dalla Regione Piemonte nelle "Osservazioni della Direzione regionale Ambiente" in seguito alla fase di verifica della procedura VIA inerente il Progetto, la presenza nell'area di Progetto di n.5 pozzi (già di proprietà FIAT AVIO) di cui almeno 2 sembrano interessare il "sistema acquifero profondo". La Regione Piemonte chiede la verifica dello stato dei pozzi anche ai sensi del Regolamento Regionale 10/R del 2003, nei termini previsti dalla Provincia, al fine di non creare condizioni di contaminazione tra l'acquifero superficiale e eventuali sistemi profondi.

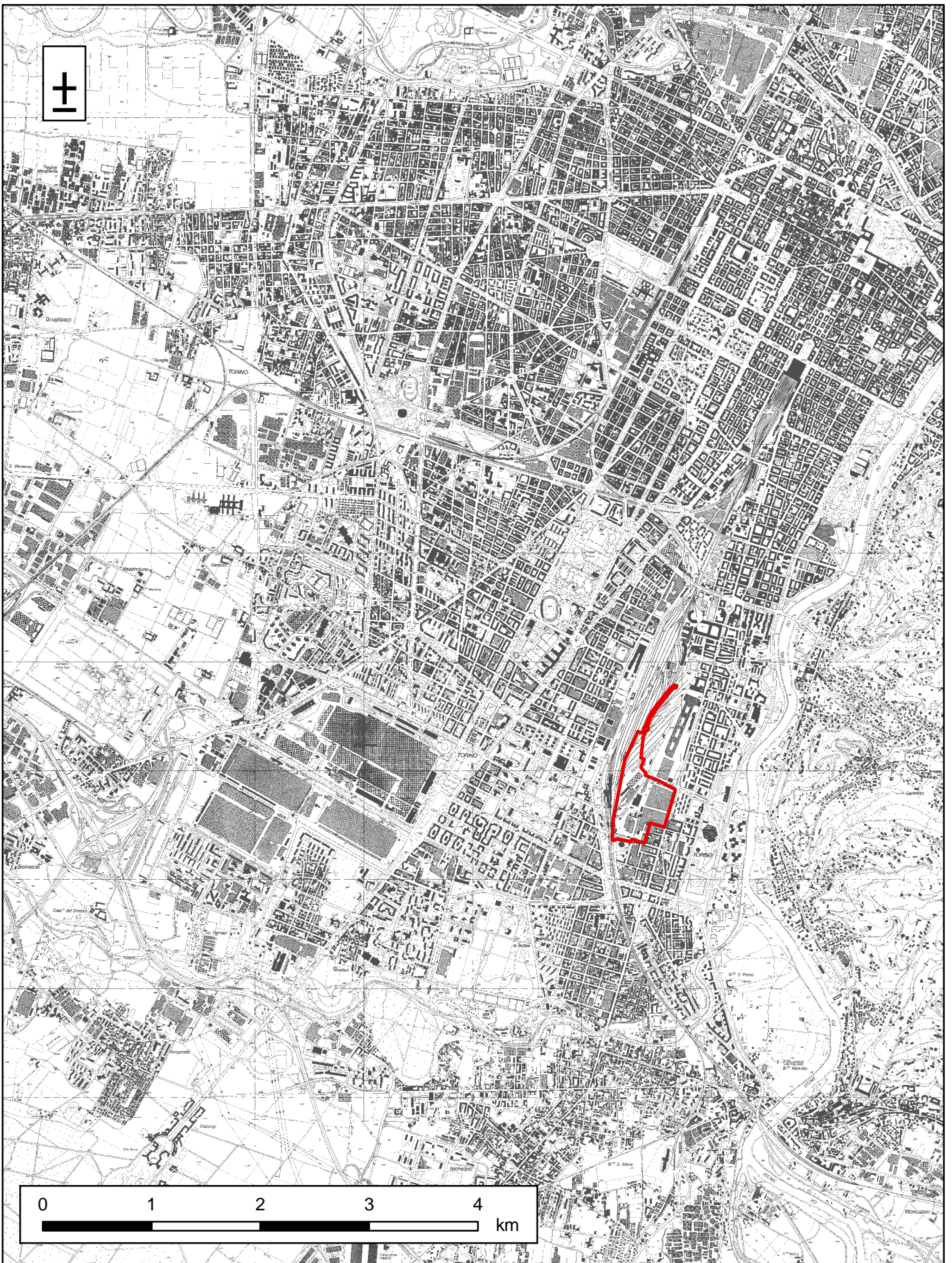
In relazione a questa segnalazione e tenendo conto delle esigenze del sistema di emungimento degli impianti, si raccomanda di eseguire ex-novo il campo pozzi (n. 4 pozzi) per il prelievo delle acque di falda, senza utilizzare quelli preesistenti, segnalati dalla Regione Piemonte. Questi ultimi andranno chiusi seguendo le procedure del Regolamento Regionale della normativa sopra citata.

8 BIBLIOGRAFIA

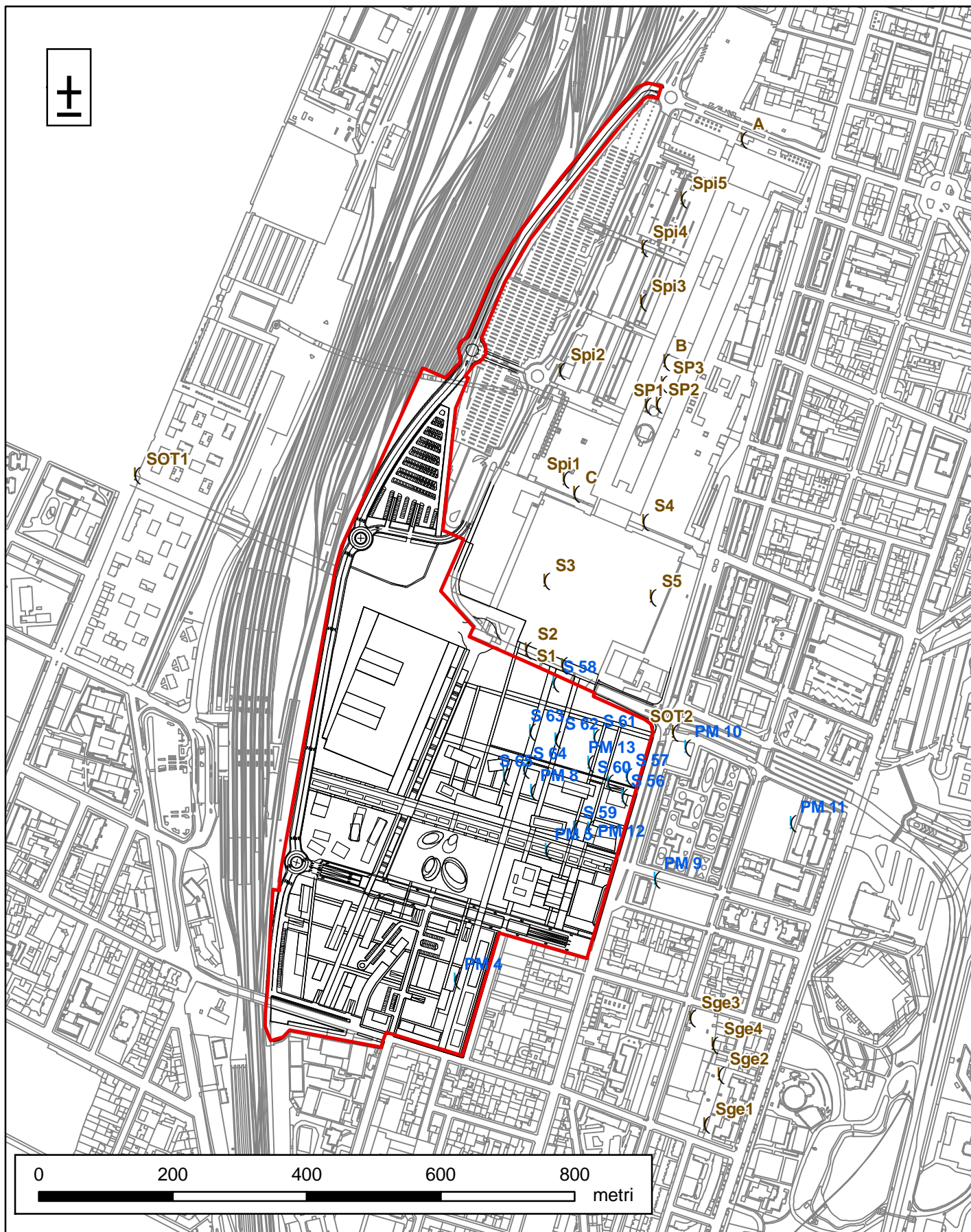
- BONSIGNORE, G., BORTOLAMI, G., ELTER, G., MONTRASIO, A., PETRUCCI, F., RAGNI, U., SACCHI, R., STURANI, C. ZANELLA, E. 1969. "Carta geologica d'Italia" e "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia" fogli 56 e 57 (Torino e Vercelli). Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- BORTOLAMI, G., DE LUCA, D., FILIPPINI, G. 1990. "Le acque sotterranee della pianura di Torino. Aspetti e problemi". Provincia di Torino, Assessorato Ecologia.
- CARRIERI, G., CROVA, R., GRASSO, P.G., GUGLIELMETTI, V. 2004, Torino Metro Line 1, The tunnel excavation of the first section.
- CIVITA, M., PIZZO, S. 2001. "L'evoluzione spazio-temporale del livello piezometrico dell'acquifero libero nel sottosuolo di Torino", GEAM n°4 dicembre.
- FRANCERI, E., BORTOLAMI, G., RICCI, B. 1980. "Lineamenti geoidrologici della provincia di Torino con riferimento allo stato idrogeochimico delle falde del sottosuolo dell'area ecologica torinese". Provincia di Torino – Assessorato Ecologia.
- RICCI, G., ENRIONE, R., EUSEBIO, A., CROVA, R. 2007. "Numerical modelling of the interference between underground structures and aquifers in urban environment. The Turin subway – Line 1". Underground Space – the 4th Dimension of Metropolises.

ALLEGATO 1

- Tavola 1: Inquadramento geografico dell'area del Progetto Preliminare
- Tavola 2: Ubicazione delle indagini geognostiche reperite ed utilizzate ai fini dell'inquadramento geologico ed idrogeologico
- Tavola 3: Estratto della Carta Geologica al 100.000 foglio n.56 "Torino"



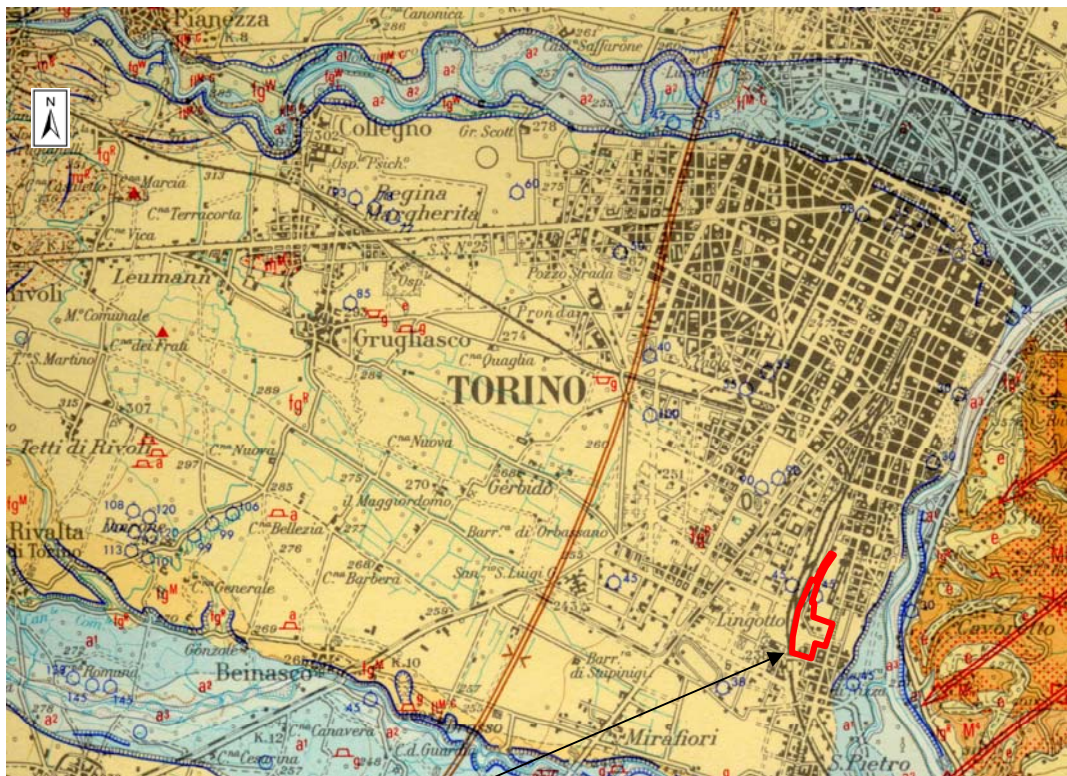
Inquadramento geografico dell'area del Progetto Definitivo (Lotti 1-2-3 area in rosso)



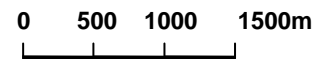
Ubicazione dei sondaggi geognostici reperiti ed utilizzati per la caratterizzazione del quadro geologico, geotecnico ed idrogeologico

- (Progetto Definitivo dell'intervento di messa in sicurezza e bonifica dell'area "ex-FIAT AVIO"
- (Progetto ed esecuzione di diversi lavori nella zona adiacente all'area oggetto del Progetto Preliminare
- Area del Progetto Definitivo
- Elementi dell'azonamento superficiale






Estratto dalla Carta Geologica d'Italia, foglio n.56 "Torino" alla scala 1:100.000



Area del Progetto Definitivo



Estratto dalla Legenda, foglio n.56 "Torino"

a ² 	Depositi ghiaiosi con lenti sabbioso-argillose, fiancheggianti i principali corsi d'acqua, talora debolmente terrazzati, anche attualmente inondabili (ALLUVIONI MEDIO-RECENTI).
a ¹ 	Alluvioni sabbioso-ghiaiose postglaciali, ricoperti in parte i precedenti depositi del fluviale-fluvioglaciale würmiano (ALLUVIONI ANTICHE).
fg ^{R2-R1} fg ^R ff ^R 	fg ^R Depositi ghiaioso-sabbiosi con paleosuolo rosso-arancio, perlopiù terrazzati, corrispondenti al livello fondamentale dell'alta pianura, raccordantisi con le cerchie moreniche rissiane (FLUVIOGLACIALE e FLUVIALE RISS).
fg ^{M-fM} AP ff ^{M-G} 	Depositi fluvioglaciali dell'alto terrazzo ondulato, a paleosuolo argilloso rosso-bruno completamente decalcificato ("tipico ferretto") per uno spessore di oltre 5 m, con scarsi ciottoli silicatici alterati e silicei, raccordato coi cordoni mindeliani dell'anfiteatro di Rivoli; depositi fluviali costituenti i lembi relitti delle antiche conoidi della Dora Riparia e della Stura di Lanzo (fg ^{M-fM}) (FLUVIOGLACIALE e FLUVIALE MINDEL). Nella pianura a SE di Chieri, terreni eluviali di età postvillafrafranchiana con copertura loessica rissiana (AP).
	Conglomerato poligenico stratificato ad elementi minuti, fortemente cementato, sottostante al Mindel ed affiorante con ripide scarpate lungo il Sangone e la Dora Riparia (INTERGLACIALE MINDEL-GÜNZ).

ALLEGATO 2

Risultati dei sondaggi geognostici realizzati nell'area ex-FIAT AVIO ed aree limitrofe



ABRATE s.p.a.
OPERE SPECIALIZZATE

Sede Tecnico Amministr.: 10022 CARMAGNOLA (TO)
Via G. Agnelli, 71 - Tel. 011/971.23.95 - 977.12.92

Committente _____
Cantiere _____ - VIA GENOVA _____
Località TORINO Provincia _____
Perforazione iniziata il 23/10/1991 terminata il 24/10/1991
Deposito cassette c/o CANTIERE Scala 1:100

QUOTA s.l.m. _____
N. 1 N. _____

FORMAZIONI ATTRAVERSATE

PROFONDITÀ DAL p.c.	POTENZA DELO STRATO	SEZIONE STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO STABILIZ DELLE FALDE		METODO E Ø DI PERFORAZIONE	POSA	RIVESTIMENTI E LORO Ø	PERCENTUALE DI CAROTTAGGIO	R.Q.D.	PIEZOMETRO		INCLINOMETRO	S.P.T. IN FORO Prof. (m.) N. Colpi	POKET PENETR. Kg/cm ²	VANE TEST Kg/cm ²	Campioni		PROVE DI PERMEABILITÀ Prof. (m.) K = cm/sec	NOTE
				1	2						1	2					PROFONDITÀ PRELIEVO	CAMPIONATORE		
0.00							127													SGE 1
0.40	0.40		Conglomerato cementizio.																	
1.50	1.10		Terreno di riporto con mattoni abbondanti.																	
2.40	0.90		Ghiaia sabbiosa con ciottoli e subordina- to limo in matrice colore nocciola.																	
3.40	1.00		Ghiaia sabbiosa con limo e ciottoli subor- dinati, rari livelletti cementati, col. bruno.																	
5.00	2.60		Ghiaia con ciottoli (Ø max 10 cm) con fra- zione limoso-sabbiosa, presenza di livelli centimetrici debolmente cementati, colore nocciola-bruno.																	
7.10	1.10		Sabbia limosa con ghiaia fine e rari ciot- toli serpentinosi, colore da bruno a grigio.																	
9.90	2.80		Ghiaia sabbiosa con limo subordinato e ra- ri ciottoli, frequenti livelli centimetri- ci da mediamente a molto cementati, colo- re nocciola-grigio.																	
11.50	1.60		Limo sabbioso con ghiaia e ciottoli da debolmente a mediamente consolidato, colo- re bruno.																	
12.00	0.50		Limo sabbioso fine, tenero, col. bruno verdastro.																	

ROTAZIONE CON CAROTTAGGIO CONTINUO Ø 101 + 131 mm

70 + 90%

RAYMOND

PROFONDITÀ DAL p.c.	POTENZA DELLO STRATO	SEZIONE STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO STABILIZ. DELLE FALDE		METODO E Ø DI PERFORAZIONE	POSA	RIVESTIMENTI E LORO Ø	PERCENTUALE DI CAROTTAGGIO	R.Q.D.	PIEZOMETRO		INCLINOMETRO	S.P.I. IN FORO Prof. (m.) N. Colpi	POCKET PENETR. Kg/cm ²	VANE TEST Kg/cm ²	Campioni		PROVE DI PERMEABILITÀ Prof. (m.) K = cm/sec	NOTE	
				1	2						1	2					PROFONDITÀ PRELIEVO	CAMPIONATORE			
0.00							127														SGE 2
1.30	1.30		Terreno di riporto.																		
2.20	0.90		Sabbia e ghiaia con limo subordinato, colore nocciola-bruno.										3.00								
3.60	1.40		Ghiaia sabbiosa con limo subordinato e ciottoli (Ø max 10 cm), colore nocciola-bruno.										11-11-12								
6.30	2.70		Ghiaia sabbiosa debolmente limosa presenza di livelli centimetrici debolmente cementati, colore nocciola-bruno.										4.50								
													6.00								
7.70	1.40		Sabbia limosa con ghiaia, presenza di ciottoli serpentinosi (Ø max 15 cm) colore da bruno a grigio.										18-20-19								
8.80	1.10		Ghiaia limoso-sabbiosa con rari ciottoli (Ø 6+8 cm) colore nocciola-grigiastro.										8.50								
													15-16-16								
10.90	2.10		Ghiaia sabbiosa debolmente limosa con frequenti livelli centimetrici cementati, colore nocciola-grigiastro.																		
11.90	1.00		Sabbia limosa debolm. ghiaiosa con ciottoli frequentemente alterati, colore bruno.																		
12.40	0.50		Sabbia limosa, colore bruno.																		
12.90	0.70		Limo debolmente sabbioso fine, assai plastico e tenero, colore bruno-verde.										13.00								
													13.15								
15.00	2.10		Limo sabbioso fine e livelli centimetrici di sabbia medio-fine debolmente limosa, tenero a tetto, più consistente verso il letto dello strato, colore nocciola.										4-7-6								
			Limo con ghiaia e ciottoli mediamente con-																		

NOTAZIONE CON CAROTTAGGIO CONTINUO Ø 131 + 101 mm

70 + 90%

RAYMOND

FORMAZIONI ATTRAVERSATE

PROFONDITA DAL PC	POTENZA DELLO STRATO	SEZIONE STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO STABILIZ. DELLE FALDE		METODO E Ø DI PERFORAZIONE	POSA	RIVESTIMENTI E LOFO Ø	PERCENTUALE DI CAROTTAGGIO	R.O.D.	PIEZOMETRO		INCLINOMETRO	S.P.I. IN FORO Prof. (m.) N. Colpi	POKET PENETR. Kg/cm ²	VANE TEST Kg/cm ²	PROFONDITA PRELIEVO	CAMPIONATORE	PROVE DI PERMEABILITÀ Prof. (m.) K = cm/sec
				1	2						1	2							
0.00																			
0.50	0.50		Terreno di riporto.																
1.00	0.50		Limo ghiaioso ciottoloso, colore bruno.																
2.50	1.50		Sabbia ghiaioso-limosa con rari ciottoli, colore nocciola grigiastro.																
3.90	1.40		Limo ghiaioso con passate debolmente sab- biose, colore burno.										3.00 7-11-10						
4.60	0.70		Ghiaia sabbioso-ciottolosa, colore grigio clasti parzialmente alterati.																
5.00	0.40		Limo ghiaioso ciottoloso, colore grigio.																
5.70	0.70		Sabbia media ghiaioso-ciottolosa, colore bruno rossiccio.										6.00 4-7-13						
7.40	1.70		Sabbia e ghiaia limosa, con passate centi- metriche debolmente cementate e livelli decimetrici a limo prevalente, col. nocciola																
9.20	1.80		Sabbia ghiaiosa eterometrica a clasti ben arrotondati, raramente fratturati, con li- velli debolmente cementati, colore noccio- la.										9.00 7-12-10						
10.70	1.50		Sabbia limoso-ghiaiosa con livelli decime- trici coesivi, presenza di rari ciottoli serpentinosi arrotondati, colore bruno.																
			Ghiaia e sabbia con frequenti ciottoli (cm 7+8) fratturati in matrice debolmente limosa, presenza di livelli centimetrici cementati, colore nocciola-grigiastro.										12.50 12-17-22						
15.00	4.30												15.00 14-19-23						

ROTAZIONE CON CAROTTAGGIO CONTINUO Ø 101 + 131 mm

127

70 + 100%

SGE 3

NOTE

OPERE DI...
 Sede Tecnica Amministrativa: 10022 CARMAGNOLA (TO)
 P.zza B. Agnelli, 71 - Tel. 011/871121 - 12.82

Località: ...
 Perforazione iniziata il 29/10/1991 terminata il 31/10/1991
 Deposito cassette: c/o CANTIERE Scala 1:100

QUOTA s.l.m. _____

AZIONI ATTRAVERSATE		DESCRIZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO STABILIZ. DELLE FAUCHE	METODO E Q. DI PERFORAZIONE	ROSA	INVESTIMENTI E LORO Ø	PERCENTUALE DI CAROTTAGGIO	R.O.D.	PREZOMETRO TIPO	TIPO APERTO	INCLINOMETRO	SPT. IN FORO	POCKET PENETR. Kg/cm²	VALVE TEST Kg/cm²	PROFONDITÀ PRELIEVO	CAMPIONATORE	PROVE DI PERMEABILITÀ	NOTE
1	2		1	2					1	2								
0.15		Cemento e ferro.																SGE 4
0.85		Vuoto.					0%											
0.50		Materiale di riporto.																
1.50		Limo debolmente plastico, colore bruno rossiccio.																
1.50		Limo sabbioso, colore nocciola-brunastro.																
1.10		Limo sabbioso-ghiaioso, col. nocciola scuro.																
0.40		Sabbia fine, colore nocciola.																
0.30		Sabbia e ghiaia con livelli cementati e limo subordinato in matrice, colore nocciola.										6.00						
		Sabbia media ghiaiosa, colore bruno.										8-8-5						
		Sabbia grossolana con livelli cementati e limo subordinato in matrice, colore nocciola.										8.00						
		Sabbia e ghiaia con ciottoli colorati alterati e/o sfatti, con varia percentuale limosa in matrice, colore bruno.										10-7-6						
		Ghiaia e sabbia con limo subordinato e sabbie centimetriche cementate, presenza di ciottoli (Ø 6-8 cm), colore nocciola.										12.00						
		Ghiaia sabbiosa con limo subordinato e ciottoli (Ø 6+8 cm, raramente più grandi) poligenici, color nocciola-grigiastro.										14.80						
		Sabbia e limo, colore bruno.										20-19-28						
		Limo debolmente plastico, da tenero a mediamente consistente, con livelli centimetrici sabbiosi fini, colore nocciola, presenza di inclusi rossicci (resti vegetali).										17.50						
		Limo debolmente sabbioso fine, piuttosto consistente, colore nocciola presenza di una passata centimetrica di sabbia debolmente limosa a -18.40 m e di un livello decimetrico molto plastico a -18.80 m.										8-25-50						

ROTAZIONE CON CAROTTAGGIO CONTINUO Ø131 + 101 mm

70 + 100%

GEO DATA
 DATA: 24 DIC 1992
 COMMESSA: N. ORDINE: NOTE
 DESTINATARIO: PER CONOSCENZA:



RADAELLI CASTELLOTTI S.R.L.
 20060 Lisate (Mi) via G. di Vittorio, 2
 tel. 02/95350100 (4 linee r.a.)
 telex 312605 ERRECI - telefax 02/95350316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.p.A.**

LOCALITA' **TORINO**

POSIZIONE **Centro Fiere**

QUOTA D'INIZIO **p.c.**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 152/130**

DATA: dal **06/08/90**

al **09/08/90**

S 1

Profondità (m)	Camp. tipo	Stratigrafia	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero	R.Q.D. %	Profondità manovra
0.10			riporto: breccia grossolana (Ø max 12 cm) in deb. matrice sabbioso limosa grigia			
0.60			riporto: resti lateritici e breccia fine			
1.00						
3.10			riporto: breccia medio fine e resti lateritici in matrice sabbiosa fine deb. limosa bruno grigiastrea			
4.50						
4.90			riporto: breccie eterogenee resti ferrosi e lateritici grossolani in abb. matrice limosa sabbiosa bruna sciolta			
5.60			riporto: conglomerato cementizio			
7.70			resti a struttura lateritica			
8.05						
9.50	A		cordolo di fondazione (conglomerato cementizio)			
9.70			conglomerato ben cementato ad elementi (Ø max 15 cm) e cementazione carbonatica. Pres. livel. di microconglomerato			
10.00			sabbia bruna con ghiaia e ghiaietto			
10.50	B		sabbia fine limosa grigiastrea loc. ingi. ghiaietto			
12.00			ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 12 cm) con tracce di cementazione ad elementi di conglomerato in matrice sabbioso limosa bruna loc. abbondante			
12.30	C		ghiaia medio grossolana e ciottoli (Ø max 10 cm) in deb. matrice sabbiosa bruno grigiastrea deb. cementata. Pres. interlivelli di conglomerato			
12.80			conglomerato poligenico ad elementi (Ø max 10 cm) e cemento arenaceo grigio. Pres. interlivelli di microconglomerato			
14.10						
15.30	D		sabbia medio fine limosa bruna con ghiaia e ghiaietto. Pres. interlivellotti di conglomerato			
18.50						
18.70			ghiaia ghiaietto ciottoli (Ø max 12 cm) e trovanti (pot. max 18 cm) in matrice sabbioso limosa bruna			
20.00						
20						
25						
30						

1, 2, 3 = camp. indisturbati
 s = Shelby d = Denison
 m = Mazier o = Osterberg
 p = percussione
 A, B, C = campioni rimaneggiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
 V.T. = vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.Q.D. = rock quality designation

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
09/08/90			-17.03				

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba			

ALLEGATI: 1



**RADAELLI
CASTELLOTTI S.R.L.**
20060 Lisiate (MI) - via G. di Vittorio, 2
tel. 02/85350100 (4 linee r.a.)
telex 312605 ERRECI I - telefax 02/95350318

COMMITTENTE **LINGOTTO S.p.A.**

S 3

CALITÀ **TORINO**

SIZIONE **Centro Fiere**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 152/130**

COTA D'INIZIO **P.C.**

DATA: dal **23/08/90**

al **24/08/90**

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometer (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero				R.Q.D. %				Profondità manovre perforaz.
									20	40	80	80	20	40	60	80	
				0.00				conglomerato finissimo conglomerato cementizio									
				0.80				ghiaietti chiari e ciottoli in matrice sabbiosa limosa marrone									
				1.20				sabbia limosa marrone ingl. raro ghiaietti									
				3.00				ghiaietto e ghiaia in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigia									
50R	3.00 9CM		A	3.00													
				4.00				ghiaietto ghiaia e ciottoli (Ø max 12 ca) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigia									
				5.00													
				6.00				idem c.s. marrone bruna									
15 16 30	6.00			7.50													
5 3 4	7.50		B	7.50													
				8.30				sabbia da fine a finissima limosa marrone. Loc. pres. rari resti vegetali									
4 4 6	9.00			10.30													
				10.50				sabbia limosa marrone bruna ingl. ghiaietto e rara ghiaia									
6 5 7	10.50		C	11.20													
				11.60				sabbia fine limosa bruno nocciola loc. ingl. raro ghiaietto									
				12.00													

2, 3 = camp. indisturbati
Shelby d: Oenison
Mazier o: Osterberg
percolazione
B, C = campioni rimanecciati

S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm
V.T. : vane test (Kg/cm²) max/residuo
R.Q.D. : rock quality designation

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba			

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
7/08/90	12.00	10.50	assente				

ALLEGATI:

Risultati prove in situ	prova S.P.T V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometro (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale			R.Q.D. %			Profondità mancante perforaz.	
									% recupera	20	40	80	20	40		80
				0-10				conglomerato ciottolinoso								
				0.90				ghiaietto ghiaia ed elementi di riporto in matrice sabbiosa grigiastre								
				1.50				conglomerato cementizio								
				1.80				ghiaietto ghiaia ed elementi di riporto in matrice sabbiosa deb. limosa grigio nerastre								
								sabbia fine deb. limosa grigiastre passante a marrone								
24	17	3.00						ghiaietto ghiaia e rari ciottoli (φ max 9 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone bruna								
23			A	4.00												
15	14	4.50						ghiaietto ghiaia e rari ciottoli (φ max 9 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigiastre								
24																
13	20	6.00						ghiaietto e rara ghiaia in matrice sabbiosa deb. limosa marrone bruna								
12																
18	25	7.50	B	7.50				sabbia fine deb. limosa bruno rossastra loc. ingl. ghiaietto								
15																
7	14	9.00						ghiaietto ghiaia e rari ciottoli in matrice sabbiosa deb. limosa marrone bruna								
3			C													
3	6	10.50						sabbia fine limosa bruno nocciola ingl. ghiaietto								
							0.8	limo sabbioso bruno nocciola								
							0.9	sabbia finissima limosa bruno nocciola verdastra ingl. un ciottolo (φ 9 cm) . Pres. rari interlivelli (pot. max 15 cm) di sabbia deb. limosa marrone ingl. raro ghiaietto								
								sabbia deb. limosa marrone bruna con ghiaietto e ghiaia								

2, 3 ... = camp. indisturbati
 Shelby d : Danison
 Mazier o : Osterberg

percussione
 B, C ... = campioni rimanecciati

S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm
 V.T. : svane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.Q.D. : rock quality designation

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
/08/90	6.00	6.00	assente				

ALLEGATI:



SEZIONE INDAGINI GEOTECNICHE
TORINO - VIA BARLETTA 180
TEL. 399 972 - 362.456

COMMITTENTE CITTÀ DI TORINO

CANTIERE Via Pio VII

SONDAGGIO n. 1

Iniziato il ultimato il

SOT 1

Quote s.l.m.	Profond. in mt.	Spessore degli strati in mt.	Campioni	Descrizione della natura del terreno	Colonna strati- grafica	Sistema e Ø del foro	Falde freatiche	PP o VB taccabile Kg/cm ²	V B in situ Kg/cm ²	S.P.T. colpi/ 15 cm
	0.00									
	-2.00	2.00		Sabbia bruno scuro, ghiaia, ciottoli con terreno di ri- porto						
	-7.50	5.50		Ghiaia con sabbia fine gri- gia						
	-15.00	7.50		Ghiaia cementata da sabbia fine (conglomerato polige- nico).						
	-16.80	1.80		Sabbia bruna con ghiaia						
	-18.20	1.60		Ghiaia e sabbia debolmente cementata						
	-20.50	2.30		Ghiaia di varia natura e sabbia bruna debolmente limoso-argillosa-						

ROTAZIONE ϕ 90°/m

SICOS

SEZIONE INDAGINI GEOTECNICHE
TORINO - VIA BARLETTA 180
TEL. 399.872 - 362.456


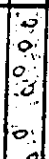

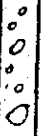

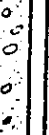
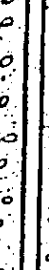
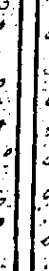
COMMITTENTE CITTA' DI TORINO

CANTIERE Piazza Fabio Filzi

SONDAGGIO n. 2

SOT 2

Iniziato il _____ ultimato il _____

Quote s.l.m.	Profond. in mt.	Spessore degli strati in mt.	Campioni	Descrizione della natura del terreno	Colonna strati- grafica	Sistema e di del foro	Falde freatiche	P.P. o V.B. taccabi- le Kg/cm ³	V.B. in situ Kg/cm ³	S.P.T. colpi/ 15 cm
	0.00									
	-1.80	1.80		Terreno di riporto bruno ghiaioso sabbioso-argilloso						
	-4.00	2.20		Ghiaia di varia natura e sabbia sciolta						
	-5.50	1.50		Ghiaia con poca sabbia e ciottoli						
	-7.50	2.00		Ciottoli, ghiaia con sabbia						
	-1.000	2.50		Piccoli trovanti, ciottoli, ghiaia con sabbia						
	-1.200	2.00		Sabbia bruna con ghiaia e ghiaietto						
	-1.600	4.00		Sabbia, ghiaia con zone par- zialmente cementate						
	-2.000	4.00		Ghiaia parzialmente cementa- ta da sabbia bruna						

ROTAZIONE $\phi 90$ m

11.

SICOS

SEZIONE INDAGINI GEOTECNICHE
TORINO - VIA BARLETTA 180
TEL. 399.872 - 382.456

COMMITTENTE CITTÀ DI TORINO

CANTIERE Corso Caduti sul lavoro angolo Via Ventimiglia

SONDAGGIO n. SOT 3

Iniziato il

ultimato il

Quote s.l.m.	Profond. in mt.	Spessore degli strati in mt.	Campioni	Descrizione della natura del terreno	Colonna strati- grafica	Sistema e Ø del foro	Falde freatiche	P.P. o V.S. tascabile Kg/cm ²	V.S. In situ Kg/cm ²	S.P.T. colpi/ 15 cm
	0.00									
	-1.20	1.20		Ghiaia con sabbia fine grigia, livelli ghiaiosi sabbiosi cementati						
	-2.00	0.80		Ghiaia e sabbia fine cementata con ciottoli e sabbia sciolta						
	-4.00	2.00		Ghiaia cementata da sabbia fine grigia						
	-5.30	1.30		ciottoli, ghiaia di varia natura, sabbia color bruno e grigio, in parte debolmente limosa; ghiaia e sabbia cementata compatta; piccolo trovante (20 cm)						
	-7.50	2.00		Ciottoli (5-20 cm.), ghiaia, sabbia sciolta, livelli e zone ghiaiose-sabbiose cementate.						
	-10.00	2.50		Ciottoli, ghiaia, sabbia, piccoli trovanti (20 cm.)						
	-11.50	1.50		Sabbia fine bruna, con poco ghiaietto, in parte compatta						
	-13.00	1.50		Ghiaia, sabbia sciolta bruna con ciottoli						
	-14.50	1.50		Sabbia bruna fine compatta con poco ghiaietto color ruggine						
	-15.00	0.50		Ghiaia sciolta						
	-18.00	3.00		Sabbia cementata limo sabbioso debolmente argilloso con poco ghiaietto						
	-20.00	2.00		Sabbia molto fine, ghiaietto, ciottoli con livelli di sabbia bruna debolmente limosa						

ROTAZIONE + 90°



RADAELLI CASTELLOTTI S.R.L.
 20080 Licale (MI) - via G. di Vittorio, 2
 tel. 02/96350100 (4 linee r.a.)
 telex 312606 ERAECI I - telefax 02/96350316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.R.L.**

SP 2

LOCALITA' **TORINO - LINGOTTO**

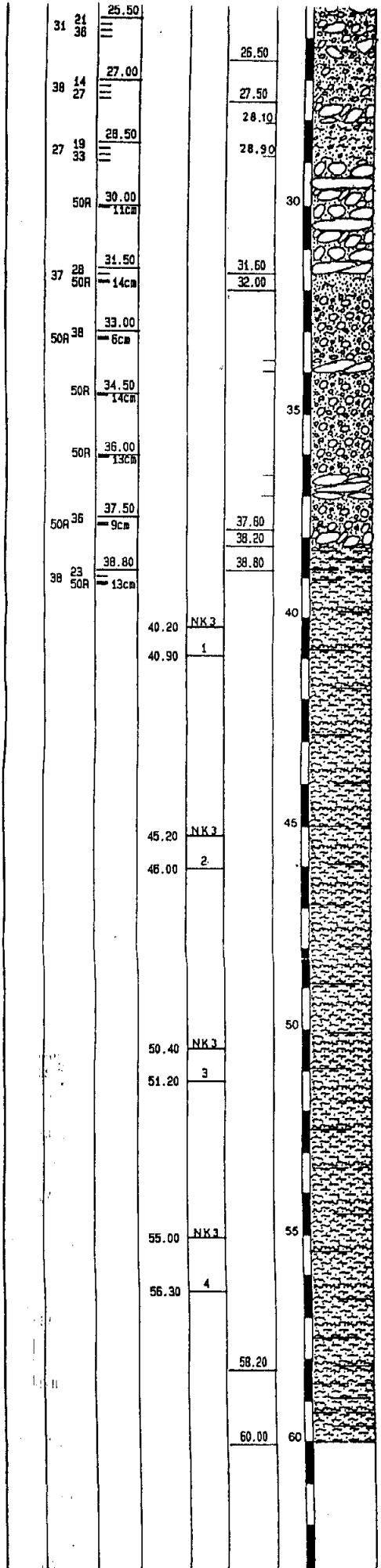
POSIZIONE **Centro Congressi - Cortile Interno**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 127/101**

QUOTA D'INIZIO **D.C.**

DATA: dal **21/03/91** al **25/03/91**

Risultati prove in situ	prova S.P.T V.T.	Profond. (ml)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometer (kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero			R.Q.D. %			USO DIAMANTE
									20	40	60	80	20	40	
				0.70				battuto in cemento							
2	2	1.50						riporto: limo sabbioso deb. argilloso nocciola. Pres. interlivelli di breccia medio fine in matrice sabbiosa							
4				2.30											
20	10	3.00						riporto: breccia varia pezzatura (φ max 7 cm) in matrice sabbiosa fine limosa grigia							
30				4.00											
34	29	4.50						ciottoli (φ max 12 cm) ghiaia medio grossolana e ghiaietto in matrice sabbiosa fine limosa nocciola molto addensata loc. cementata							
45				6.00											
37	27	6.00						sabbia fine limosa nocciola ingl. ghiaietto							
43				6.60											
50R	35	7.50						ciottoli ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa nocciola loc. cementata							
		8cm		7.40											
46	38	9.00						sabbia medio fine limosa bruno nocciola loc. cementata con ghiaia medio fine e ghiaietto							
48				10.40											
37	19	10.50						conglomerato poligenico ad elementi grossolani deb. cementato							
49				11.20											
46	34	12.00						ghiaia medio grossolana ghiaietto e ciottoli (φ max 12 cm) in matrice sabbiosa fine limosa bruno nocciola. Pres. interlivelli di conglomerato poligenico							
50				13.60											
25	22	13.50						sabbia fine limosa bruno nocciola ingl. ghiaia e ghiaietto							
50				14.00											
50R	29	15.00													
		13cm		15											
50R	38	15.50						ghiaia medio grossolana ghiaietto ciottoli (φ max 12 cm) e trovanti (pot. max 20 cm) in matrice sabbiosa fine limosa bruno nocciola loc. cementata. Pres. interlivelli di conglomerato poligenico ben cementato e di sabbia fine limosa bruno nocciola							16.80
		9cm		20											17.00
50R	38	18.00													18.00
		10cm		20.00											18.20
50R	34	19.50													19.60
		12cm		21.80											20.00
50R	42	21.00						ghiaia (φ max 4 cm) e ghiaietto in abb. matrice sabbioso limosa grigio nocciola							22.10
		9cm		21.80											22.70
36	28	22.70						ciottoli (φ max 12 cm) ghiaia trovanti (pot. max 25 cm) ed interlivelli di conglomerato in matrice sabbioso limosa grigio nocciola. Pres. tracce di alterazione							24.00
50R		3cm		26.50											24.20
43	31	24.20						sabbia medio fine deb. limosa grigio nocciola con ghiaia medio gross. e ciottoli (φ max 7 cm) loc. alterati							
50R		10cm		27.00											
31	21	25.50						sabbia medio fine limosa grigio nocciola o biancastra per alterazione ingl. ghiaia e ghiaietto							
36				27.50											
38	14	27.00													
27	19	28.50						ghiaia medio grossolana ciottoli (φ max 10 cm) e trovanti (pot. max 16 cm) in matrice sabbiosa medio fine deb. limosa grigio nocciola. Pres. interlivello di sabbia fine limosa ingl. ghiaietto							
50R		11cm		31.60											
37	28	31.50						sabbia media deb. limosa bruno nocciola							
50R		14cm		32.00											
50R	38	33.00													
		6cm													



sabbia medio fine limosa grigio nocciola con ghiaia medio grossolana e ciottoli (Ø max 10 cm) loc. alterati

sabbia medio fine limosa grigio nocciola o biancastre per alterazione ingl. ghiaia e ghiaietto

ghiaia medio grossolana ciottoli (Ø max 10 cm) e trovanti (pot. max 18 cm) in matrice sabbiosa medio fine deb. limosa grigio nocciola. Pres. interlivello di sabbie fine limosa ingl. ghiaietto

sabbia media deb. limosa bruno nocciola

sabbia medio fine deb. limosa nocciola grigiastria con ghiaia (Ø max 4 cm) e ghiaietto loc. alterati. Loc. pres. ciottoli (Ø max 15 cm) e trovanti (pot. max 20 cm)

ghiaia e ciottoli alterati in matrice sabbiosa nocciola
limo sabbioso a leg. argilloso nocciola

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

limo sabbioso a leg. argilloso micaceo grigio

1, 2, 3 : camp. indisturbati
 s : Shelby d : Denison
 m : Mazier o : Osterberg
 p : percussione
 A, B, C : campioni rimaneggiati

S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm
 V.T. : vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.Q.D. : rock quality designation

data	prof.faro	prof.rivest.	livello acqua	data	prof.faro	prof.rivest.	livello acqua
22/03/91	24.00	24.00	- 12.10				
23/03/91	24.00	24.00	- 17.80				

Argilla	Limo	Sabbie	Ghiaia Ghiaietto	Torbe			

ALLEGATI:



**RADAELLI
CASTELLOTTI S.R.L.**
20060 Licale (MI) - via G. di Vittorio, 2
tel. 02/96350100 (4 linee r.a.)
telex 312605 ERAECI I - telefax 02/96350316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.R.L.**

SP 3

LOCALITA' **TORINO - LINGOTTO**

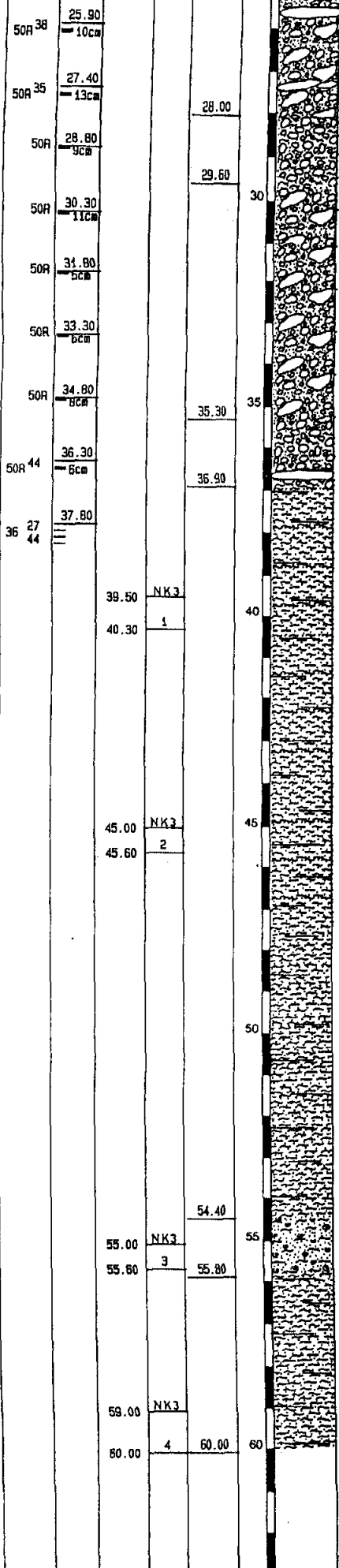
POSIZIONE **Centro Congressi - Cortile Interna**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 127/101**

QUOTA D'INIZIO **P.C.**

DATA: dal **25/03/91** al **28/03/91**

Risultati prove in situ	prove S.P.T V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometro (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero			R.O.D. %			USO DIAMANTE
									20	40	60	80	20	40	
				0.80				conglomerato bituminoso							
31	13 50R	1.50 5cm		2.40				riporto: breccia medio grossolana in matrice sabbiosa nocciola							
21	17 33	3.00													
33	22 49	4.50			5			ciottoli (φ max 12 cm) ghiaia medio grossolana e ghiaietto in matrice sabbiosa limosa nocciola molto addensata loc. cementata. Pres. interlivelli di sabbia limosa ingl. ghiaietto ed un trovante							5.00
37	23 50R	6.00 13cm		6.50											5.50
37	24 44	7.50						sabbia media deb. limosa bruno nocciola loc. cementata con ghiaia (φ max 4 cm) e ghiaietto. Pres. trovante (pot. 20 cm)							6.00
39	26 50	9.00		9.50											6.50
				9.90				conglomerato poligenico a matrice arenacea							8.20
35	29 50R	10.50 7cm		10.80	10			ghiaia (φ max 4 cm) e ghiaietto loc. alterati in matrice sabbiosa deb. limosa nocciola							8.40
								conglomerato poligenico ad elementi medio grossolani e matrice arenacea							9.50
50R	37	12.00 6cm		12.00											9.90
50R	34	13.50 8cm						ghiaia medio grossolana ghiaietto ciottoli (φ max 12 cm) e trovanti (pot. max 20 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa bruno nocciola loc. cementata. Pres. interlivello di sabbie fine limosa bruno nocciola ingl. ghiaietto							10.80
50R		15.00 13cm			15										11.00
50R		16.50 8cm						idem c.s.							11.30
50R		18.00 12cm		17.80											12.00
50R		19.50 8cm		19.20											14.00
50R	25	21.00 4cm		21.50	20			ghiaia medio grossolana ghiaietto ciottoli (φ max 12 cm) e trovanti (pot. max 20 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa bruno nocciola loc. cementata. Pres. interlivello di sabbie fine limosa bruno nocciola ingl. ghiaietto							14.50
50R		22.50 8cm		23.20				ciottoli (φ max 15 cm) trovanti (pot. max 20 cm) e ghiaia grossolana loc. cementati in matrice sabbiosa bruno nocciola							22.90
50R	43	24.00 6cm													23.20
50R	38	25.90 10cm			25			sabbia medio fine deb. limosa bruno grigiastro con ghiaia medio grossolana ghiaietto ciottoli (φ max 14 cm) e rari trovanti loc. alterati							25.30
50R	35	27.40 13cm		28.00											25.90
50R		28.80 9cm		29.60				ghiaia (φ max 4 cm) e ghiaietto loc. alterati in matrice sabbiosa limosa nocciola brunastra							
50R		30.30 11cm			30										
50R		31.80 5cm						sabbia medio fine deb. limosa nocciola grigiastro con ghiaia medio grossolana ghiaietto e ciottoli (φ max 12 cm) loc. alterati							
50R		33.30													



sabbia medio fine deb. limosa bruno grigiastrea con ghiaia medio grossolana ghiaietto ciottoli (Ø max 14 cm) e rari trovanti loc. alterati

ghiaia (Ø max 4 cm) e ghiaietto loc. alterati in matrice sabbioso limosa nocciola brunastrea

sabbia medio fine deb. limosa nocciola grigiastrea con ghiaia medio grossolana ghiaietto e ciottoli (Ø max 12 cm) loc. alterati

ghiaia (Ø max 3 cm) e ghiaietto loc. alterati in matrice sabbioso limosa nocciola grigiastrea. Pres. tracce di sostanze organiche ed un trovante

limo sabbioso a deb. leg. argilloso grigio micaceo

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso grigio micaceo

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso grigio micaceo

sabbia medio fine limosa grigio chiara con abb. resti fossili

limo sabbioso a deb. leg. argilloso grigio micaceo

25.30
25.90

1, 2, 3 = camp. indisturbati
 s = Shelby d = Danison
 m = Mazier o = Osterberg
 p = percussione
 A, B, C = campioni rimanezzati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
 V.T. = vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.Q.D. = rock quality designation

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
26/03/91	30.00	30.00	p.e.	26/03/91	50.80	50.00	- 13.00
27/03/91	30.00	30.00	- 15.00				

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba			

ALLEGATI:



RADAELLI CASTELLOTTI S.R.L.
 20060 Escate (Mi) - via C. Di Vittorio, 2
 tel. 02/95250100 (4 linee r.a.)
 telex 312605 ERII C.I. - telex 02/95350316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.R.L.**

Spi 1

CALITÀ **TORINO**
 SIZIONE **Area parcheggio interrato**

METODO DI PERFORAZIONE Pdt. 127/101

DATA: dal **21/06/91** al **25/06/91**

NOTA D'INIZIO **P.C.**

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strat.	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetromete (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero			R.Q.D. %			Profondità manovra perforaz.
									20	40	80	20	40	80	
				0.10				conglomerato fimo limoso							
				1.10				riporto: breccia medio fine (Ø max 6 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa bruno grigiastrea. Pres. resti di mattoni							
				1.20				limo sabbioso marrone rossastro ingl. rara ghiaia e ghiaietto							
				2.50				sabbia limosa marrone con ghiaia ghiaietto e rari ciottoli (Ø max 13 cm). Pres. tracce di alterazione							
33 18 38		3.70	A												
50R 26	13cm	4.50						sabbia deb. limosa grigiastrea con ghiaia e ghiaietto							
7 12 10		6.00		6.00				ghiaietto e ghiaia (Ø max 6 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone rossastro							
5 6 4		7.50		7.50				sabbia finissima limosa marrone ingl. rara ghiaia e ghiaietto							
50R 33	12cm	9.00	B												
				10.10											
				10.20											
				10.80											
				11.80				conglomerato a matrice arenacea cementato							
				12.70				conglomerato poligenico ad elementi medio grossolani a deb. cementazione carbonatica							
								sabbia medio fine deb. limosa marrone brunastro con ghiaia e ghiaietto							
18 40 22		14.00		14.10											
				16.00				sabbia da fine a finissima limosa marrone							
		16.50													
12 8 13		17.20	1s					limo sabbioso da marrone a marrone grigiastro							
				18.00											
								sabbia medio fine limosa da marrone a marrone rossastro. Pres. interlivelli di limo marrone							
24 13 19		19.50	C	19.50											
		19.80		20.00				idem c.s. bruna							

2, 3 ... : camp indisturbati
 Shelby d: Denison
 Mazier u: Osterberg
 percussione
 B, C ... : campioni rimaneggiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
 V.T. = vane test (Kg/cm²) max/residuo
 R.Q.D. = rock quality designation

data	prof. foro	prof. rivest	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
06.91	15.50	11.00	assente				
06.91	20.00	18.00	8.50				
06.91	PIEZOMETRO		14.40				

Argilla	Limo	Sabbie	Ghiaia Ghiaietto	Torba			

ALLEGATI: 1



**RADAELLI
CASTELLOTTI S.R.L.**
20060 Torate (Mi) - via G. Vittoria 2
tel. 02 95350100 (4 linee r.a.)
telex 312605 ERRECI I - telefax 02 95350116

COMMITENTE **LINGOTTO S.P.A.**

Spi 2

LOCALITA' **TORINO**

POSIZIONE **Area parcheggio interrato**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 127/101**

QUOTA D'INIZIO **p.c.**

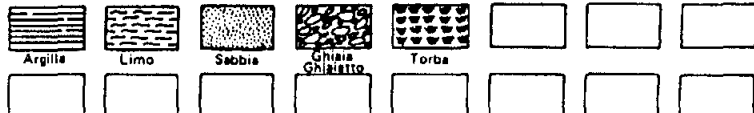
DATA: dal **03/07/91**

al **04/07/91**

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strat.	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometry (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero				R.Q.D. %				Profondità manovra perforaz.
									20	40	60	80	20	40	60	80	
				0.90				riporto: breccie medio fine elementi cementizi e resti plastici in matrice sabbiosa deb. limosa bruna									
				1.40				sabbia medio fine limosa marrone ingl. rara ghiaia e ghiaietto									
				2.20				sabbia media deb. limosa marrone loc. addensata con ghiaia (Ø max 6 cm) e ghiaietto									
24 50R	3.00 12cm																
30 30 34	4.50		A		5			sabbia media da deb. limosa e limosa marrone grigiastro con ghiaia ghiaietto e rari ciottoli (Ø max 10 cm). Pres. interlivelli di limo sabbioso grigiastro									
21 15 21	6.00																
35 24 40	7.50																
50R	9.00 10cm			8.40				sabbia limosa marrone con ghiaia (Ø max 4 cm) e ghiaietto									
				9.30													
50R	12.00 12cm		B		10			sabbia deb. limosa marrone con ghiaia (Ø max 6 cm) ghiaietto e rari ciottoli (Ø max 10 cm). Pres. interlivelli molto addensati o deb. cementati e localm. ghiaia alterata									
				14.70													
50R	15.00 5cm				15			ghiaietto e ghiaia (Ø max 6 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigiastro. Presenza interlivelli di sabbia media marrone									
				18.00													
50R	18.00 5cm		C		20			sabbia limosa marrone grigiastro con ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 12 cm)									
				20.00													
					25												
					30												

1, 2, 3 ... = camp. indisturbati
s = Shelby d = Denison
m = Mazier o = Osterberg
p = percussione
A, B, C ... = campioni rimaneggiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
V.T. = svane test (Kg/cm²) - max/residuo
R.Q.D. = rock quality designation



data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua

ALLEGATI:



**RADAELLI
CASTELLOTTI S.R.L.**
20060 Uscate (Mi) - via G. D. Vittorio 2
tel. 02/95350100 (4 linee r.a.)
telex 312605 ERFI CI - telefax 02/95350316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.p.A.**

Spi 3

LOCALITA' **TORINO**

POSIZIONE **Area parcheggio interrato**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 127/101**

DATA: dal **26/06/91** al **28/06/91**

QUOTA D'INIZIO **D.C.**

Risultati prove in situ	prove S.P.T V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strat.	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometro (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero			R.Q.D. %			Profondità manovre perforaz. (m)
									20	40	60	80	20	40	
				0.20				conglomerato di conglomerato							
				1.30				riporto : breccia medio fine (Ø max 6 cm) in matrice sabbiosa bruno grigiastro							
				2.90				limo sabbioso marrone rossastro con ghiaia e ghiaietto							
25 16 23	3.00			4.00				ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigiastro							
		4.20	A	4.50				sabbia media deb. limosa marrone grigiastro con ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 8 cm) raramente (Ø 12 cm)							
50R 42	13cm			6.00		5		ghiaietto e ghiaia (Ø max 5 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa brunastro							
13 11 18	6.00			7.40				ghiaietto ghiaia e ciottoli (Ø max 15 cm) in matrice sabbiosa da deb. limosa e limosa bruna . Pres. ghiaia e ciottoli alterati e locali. elementi di conglomerato							
15 15 30	7.50		B	9.00				conglomerato poligenico ad elementi medio-grossolani a matrice arenacea cementata							
		8.30		10.50		10		conglomerato poligenico ad elementi medio grossolani e deb. cementazione carbonatica							
20 18 22	9.00			11.00				sabbia limosa bruno grigiastro con ghiaia e ghiaietto							
50R	7cm			12.30				sabbia limosa marrone con ghiaia e ghiaietto loc. alterati . Pres. tracce di cementazione ed elementi di conglomerato							
				13.50				conglomerato poligenico ad elementi medio grossolani a matrice arenacea deb. cementata							
26 27 32	13.50			14.80		15		ghiaia ghiaietto e rari ciottoli (Ø max 11 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone							
				15.50				limo sabbioso marrone con ghiaia e ghiaietto loc. alterati . Pres. rari ciottoli (Ø max 12 cm)							
				16.30				conglomerato poligenico ad elementi medio grossolani a matrice arenacea loc. alterato e degradato							
50R	18.00 9cm	17.80	C	18.10											
				19.50											
				20.00		20									
						25									
						30									

2, 3 ... = camp. indisturbati
 = Shelby d = Denison
 = Mazier o = Osterberg
 = percussione
 B, C ... = campioni rimangiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
 V.T. = vane test (Kg/cm²) : max/residuo
 R.Q.D. = rock quality designation

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba					

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
06.91	18.00	18.00	17.45				

ALLEGATI:



**RADAELLI
CASTELLOTTI S.R.L.**
20060 Linate (Mi) - Via C. Di Vittorio, 2
Tel. 02/95350100 (4 linee) - Telex 310495 LTT
Telex 310495 LTT - Telex 029535010

COMMITTENTE **LINGOTTO S.R.L.**

Spi 4

LOCALITA' **TORINO**

SITUAZIONE **Area parcheggio interrato**

METODO DI PERFORAZIONE **pot. 127/101**

QUOTA D'INIZIO **D.C.**

DATA: dal **01/07/91**

al **02/07/91**

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometro (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero	R.Q.D. %	Profondità manovra perforaz.
									20 40 60 80	20 40 60 80	
		0.20		0.20				conglomerato ciottoloso			
		-1.70		-1.70				riporto : breccia media in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigiastra . Pres. elementi bituminosi e resti di mattoni			
50R 38	3.00 6cm	3.40	A	3.40				ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 8 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa da marrone a marrone grigiastra . Pres. tracce di cementazione			
25 15 40	4.50	4.00		4.00	5			sabbia media deb. limosa marrone chiaro con ghiaia loc. alterata ghiaietto e ciottoli (Ø max 11 cm) . Pres. trovante (pot. 20 cm)			
16 34 9	6.00	7.00	B	6.00				ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa limosa marrone rossastra			
4 5 4	7.50	8.30		8.30				sabbia media deb. limosa marrone chiaro con ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 13 cm)			
50R	9.00 7cm	10.90		10.90	10			conglomerato ad elementi medio grossolani a matrice arenacea deb. cementata			
50R	12.00 13cm	14.20	C	12.00				sabbia da deb. limosa a limosa marrone con ghiaia e ghiaietto loc. alterati . Pres. ciottoli (Ø max 12 cm) e localm. ghiaia alterata e degradata in sabbia grossolana bianca e verdastria			
50R	15.00 13cm	16.50		16.50	15			conglomerato ad elementi medio grossolani a matrice arenacea deb. cementata			
50R	18.00 7cm	18.00	D	18.00				sabbia medio grossolana limosa marrone brunastra con ghiaia e ghiaietto loc. alterati . Pres. rari ciottoli (Ø max 11 cm)			
		19.30		19.30	20			ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa marrone brunastra			
		20.50		20.50							
		25									
		30									

2, 3 : camp. indisturbate
Shelby d : Denison
Mazier o : Osterberg
percussione
B, C : campioni rimaneggiati

S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm
V.T. : svane test (Kg/cm²) : max/residuo
R.Q.D. : rock quality designation



data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
07.91	7.50	7.50	assente				

ALLEGATI: 1

LOCALITA' **TORINO**
 POSIZIONE **Area parcheggio interrato** METODO DI PERFORAZIONE **rot. 127/101**
 QUOTA D'INIZIO **p.c.** DATA: dal **19/06/91** al **20/06/91**

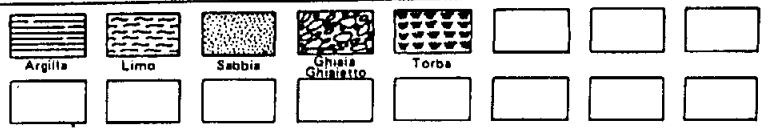
X
 Y

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometer (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero				R.O.D. %				Profondità massima perforata
									20	40	80	90	20	40	80	90	
				0.40				conglomerato cementizio con resti ferrosi									
				2.10				limo sabbioso marrone ingl. ghiaia e ghiaietto									
24 15 20		3.00															
17 15 16		4.50															
9 7 17		6.00	A	5.50			5	ghiaietto ghiaia e rari ciottoli (Ø max 12 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa da marrone grigiastrea a grigiastrea									
26 28 37		7.50		7.60													
43 20 50R		9.00 10cm					10	sabbia deb. limosa da marrone grigiastrea a grigiastrea con abb. ghiaia (Ø max 6 cm) ghiaietto e ciottoli (Ø max > 10 cm). Loc. pres. deboli tracce di cementazione e spalmature nerastre									
25 40 16		12.00	B	12.00				ghiaietto ghiaia e ciottoli (Ø max 12 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone localm. piu' abbondante									
50R		15.00 12cm		14.90			15	sabbia limosa da marrone a marrone grigiastrea con abb. ghiaia (Ø max 5 cm) ghiaietto e rari ciottoli (Ø max 9 cm) in parte alterati e degradati in sabbia grossolana e limo verdastri e arancioni. Pres. interlivelli di sabbia medio grossolana e di conglomerato a matrice arenacea									
50R		18.40 4cm	C	18.40				conglomerato a matrice arenacea vacuolare deb. cementato									
				20.00			20										
							25										
							30										

1, 2, 3 ... : camp. indisturbati
 s : Shelby d : Denison
 m : Mazier u : Osterberg
 p : percussione
 A, B, C ... : campioni rimanegeggiati

S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm
 V.T. : vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.O.D. : rock quality designation

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
20.06.91	12.00	12.00	assente				
21.06.91	20.00	18.00	16.90				



ALLEGATI:

STRATIGRAFIA - PM13

SCALA 1 : 150 Pagina 1/1

Riferimento: ING. ABBATE	Sondaggio: PM13
Località:	Quota:
Impresa esecutrice: EUROGEO s.r.l.	Data: 27-28/10/05
Coordinate:	Redattore: dott. MONTI Domenico

Perforazione: carotaggio continuo

n m	R v	A r	Pz n	metri bat.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 - 100	S.P.T.		RQD % 0 - 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				0.5								0.5	Calcestruzzo	
				2.5								2.5	Sabbia con ghiaia e ciottoli deb. limosa. Presenza di laterizi.	
				3.5								3.5	Ciottoli e ghiaia in matrice sabbiosa.	
				3.5								3.5	Sabbia da fine a media deb. limosa grigia con ghiaia grossolana e ciottoli anche decimetrici (livelli di ceppo).	
				12.0								12.0	Come sopra, cambia il colore verso i 15-20 m perchè si entra in falda.	
				19.5								19.5	Ciottoli e ghiaia grossolana in matrice sabbioso limosa.	
				28.5								28.5	Sabbia da fine a media localmente deb. limosa. Presenza di livelli con ciottoli e ghiaia.	
				35.0								35.0		

STRATIGRAFIA - S 62

SCALA 1:75 Pagina 1/1

Riferimento: SERVIZI INDUSTRIALI	Sondaggio: S 62
Località: FIAT AVIO-VIA NIZZA, TORINO	Quota:
Impresa esecutrice: EUROGEO S.R.L.	Data: 13/10/2005
Coordinate:	Redattore: DR. PIERI

Perforazione: C.C. 131/152														
a m	R v	A r	Pz	metri bat	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prof. % 0-100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0-100	prof. m	DESCRIZIONE
				0									0.8	Cemento
				1									2.1	Riparto: sabbia debolmente limosa con ghiaia e laterizi.
				2									2.6	Limo sabbioso grigio marrone
				3									7.6	Sabbia ghiaiosa grigia con rari ciottoli anche decimetrici
				4										
				5										
				6										
				7										
				8										
				9										
				10									10.0	Ghiaia debolmete sabbiosa coir marrone con rari ciottoli
				11										
				12										
				13										
				14										
				15									15.0	Sabbia e ghiaia con ciottoli

STRATIGRAFIA POZZO A

A

- 0 ÷ 0.40 metri battuto calcestruzzo (5 cm) e sottofondo ghiaioso - sabbioso
- 0.40 ÷ 1.35 metri suolo bruno sabbioso - argilloso (Campione 1).
- 1.35 ÷ 2.40 metri ghiaia con ciottoli (\emptyset max 15 cm) leggermente alterati con scarsa matrice sabbiosa - limosa bruna. I ciottoli, a spigoli arrotondati, sono rappresentativi di varie litologie (principalmente gneiss, micascisti, pietre verdi) (Campione 2).
- 2.40 ÷ 3.10 metri ghiaia e ciottoli (\emptyset max 25 cm) in matrice sabbiosa grigia (Campione 3).
- 3.10 ÷ 3.80 metri sabbia e ghiaia grigia con rari ciottoli (\emptyset max 15 cm) (Campione 4; centro finestra -3,35 metri da piano campagna).
- 3.80 ÷ 4.50 metri sabbia grossolana grigia con ghiaia e ciottoli (\emptyset max 15 cm) (Campione 5).
- 4.50 ÷ 8.50 metri sabbia grigia e ghiaia con ciottoli (\emptyset max 25 cm) con locali livelli decimetrici di sola ghiaia (Campione 6-7-8-9-10; finestre -5,22 metri e -8,23 metri).
- 8.50 ÷ 14.30 metri sabbia grossolana bruna con ghiaia sciolta molto addensata; ad una profondità di circa 11 metri è presente una lente di potenza decimetrica di conglomerato con estensione areale estremamente limitata (Campioni 11-12-13-14-15; finestre -11,10 metri e -13,02 metri).

STRATIGRAFIA POZZO B

B

- 0 ÷ 1.10 metri terreno di riporto (ciottoli Ø max 15 cm e ma cerie di laterizi con matrice limosa bruna).
- 1.10 ÷ 1.50 metri suolo argilloso bruno - rossastro limoso.
- 1.50 ÷ 2.10 metri ghiaia con abbondante sabbia grossolana bru na e rari ciottoli arrotondati con Ø max 10 cm. Gli elementi lapidei, leggermente alterati, sono rappresentativi di varie litologie (prin- cipalmente gneiss, micascisti, pietre verdi) (Campione 1).
- 2.10 ÷ 4.20 metri ghiaia con frequenti ciottoli Ø max 10 cm immersi in matrice sabbiosa grossolana grigia (Campioni 2-3; centro finestra -2,96 metri da piano campagna).
- 4.20 ÷ 6.70 metri idem precedente con ciottoli Ø max 25 cm (Campioni 4-5-6; finestra -4,86 metri).
- 6.70 ÷ 7.00 metri livelli cementati di ghiaia e sabbia grigia gros solana con ciottoli Ø max 10 cm alternati a li- velli di ghiaia e sabbia sciolta. I livelli cemen- tati sono molto discontinui lateralmente (Campioni 7-8).
- 7.00 ÷ 7.80 metri sabbia sciolta con ghiaia (Campione 9; fine- stra -7,36 metri).
- 7.80 ÷ 9.00 metri conglomerato fluviale poligenico fortemente ce mentato con ciottoli con diametro massimo 10 cm e rare lenti di ghiaia e sabbia sciolte; è estremamente resistente allo scavo (Campione 10).
- 9.00 ÷ 12.0 metri idem livello precedente ma non sono presenti lenti di materiali sciolti (Campione 11-12-13; finestre -9,58 metri e -11,95 metri).
- 12.0 ÷ 12.50 metri sabbia grossolana bruna sciolta fortemente ad densata con subordinata ghiaia (Campione 14).
- 12.50 ÷ 13.0 metri sabbia, ghiaia e ciottoli (diametro massimo 25 cm sciolte fortemente addensate (Campione 15).

13.0 + 14.15 metri conglomerato fluviale poligenico inizialmente poco cementato poi in profondità molto cementato e resistente allo scavo (Campione 16).

STRATIGRAFIA POZZO C

C

- 0 ÷ 1.00 metri terreno di riporto (ciottoli e macerie di laterizi in matrice limosa bruna).
- 1.00 ÷ 1.70 metri ghiaia con sabbia grossolana bruna e ciottoli Ø max 10 cm arrotondati leggermente alterati rappresentativi di varie litologie (principalmente gneiss, micascisti e pietre verdi) (Campione 1).
- 1.70 ÷ 3.80 metri ghiaia con ciottoli Ø max 10 cm in matrice sabbiosa grossolana grigia (Campione 2; centro finestra -3,33 metri da piano campagna).
- 3.80 ÷ 5.00 metri idem precedente con ciottoli Ø max 25 cm; a circa -4,80 m sono presenti rari ciottoli Ø 40 cm (Campioni 3-4).
- 5.00 ÷ 6.80 metri ghiaia con sabbia grossolana grigia con frequenti ciottoli Ø max 10 cm (Campioni 5-6; finestra -5,36 metri).
- 6.80 ÷ 9.00 metri conglomerato fluviale poligenico con ciottoli con diametro massimo 15 cm. Si tratta di un'alternanza molto regolare fra livelli potenti 20 ÷ 30 cm di depositi debolmente cementati e depositi fortemente cementati. Nel complesso il materiale è poco resistente allo scavo (Campioni 7-8-9-10-11, finestra -7,40 metri).
- 9.00 ÷ 11.00 metri alternanza come precedente, ma con presenza di una matrice sabbiosa fine marrone chiaro; i ciottoli si presentano di frequente intensamente alterati. Il materiale è poco resistente allo scavo (Campioni 12-13; finestre -9,44 metri e -11,53 metri).
- 11.0 ÷ 12.50 metri sabbia grossolana bruna e ghiaia sciolta (Campione 14).
- 12.50 ÷ 15.50 metri limo nocciola leggermente plastico con rari

ciottoli molto alterati con diametro 1 ÷ 2
cm (Campioni 15-16-17; finestra -12,86
metri).

15.50 ÷ 16.10 metri sabbia limosa bruna. Il passaggio fra
questo deposito ed il limo soprastante non
è netto ma avviene gradualmente. (Campio
ne 18).

Livello statico in data 25/09/89: - 15,70 da P.C.

ALLEGATO 3

Risultati delle prove di pompaggio a regime costante eseguite nell'area ex-FIAT AVIO

corrispondenza del piano campagna, sono state adottate tutte le opportune precauzioni per assicurare che nella fase di prelievo fossero minimizzate le alterazioni del campione.

Sui 15 campioni prelevati (PM1-PM11, P1, P7, P9, 10) sono stati ricercati i parametri riportati in Tabella 2.1; nella stessa tabella vengono anche indicate le metodiche analitiche utilizzate.

Tabella 2.1 *Determinazioni analitiche sui campioni di acqua di falda prelevati: parametri ricercati e metodiche*

PARAMETRO	METODICA ANALITICA
Metalli (As, Cr tot, Ni, Sn)	EPA6020A/98
Cr VI	EPA7199/96
Idrocarburi totali	EPA8440/96
Composti organo alogenati	EPA8260B/94

I risultati sono stati confrontati con i limiti di accettabilità previsti dal D.M. 471/99 – All.1, Tab.2, per le acque di falda.

2.2 Prova di pompaggio a lunga durata e misura della risalita nel pozzo di emungimento

Il giorno 09.12.04 è stata realizzata una prova di pompaggio a portata costante del tipo pozzo – piezometro finalizzata alla determinazione dei principali parametri caratteristici dell’acquifero presente, in particolare la trasmissività idraulica.

Al fine di effettuare la prova in condizioni indisturbate dal sistema di pompaggio attualmente in funzione per la messa in sicurezza d’emergenza, l’emungimento è stato interrotto il giorno 07.12.04, in modo tale da garantire il ripristino delle condizioni di deflusso stazionarie.

La prova è stata eseguita secondo le seguenti fasi:

- rilievo del livello piezometrico statico in corrispondenza del pozzo P7 e dei piezometri di osservazione PM7 e PM5;
- installazione di una pompa sommersa in grado di fornire una portata di emungimento pari a ca. 30 l/s in corrispondenza del pozzo P7 e verifica del ripristino del livello statico prima dell’inizio della prova;
- installazione in corrispondenza del piezometro di osservazione PM7 di data logger automatico impostato per una frequenza di misura pari a 30 s;

- attivazione del sistema di pompaggio a portata costante con continuo monitoraggio delle portate per tutta la durata della prova attraverso apposito contatore; le acque emunte sono state convogliate attraverso apposita tubazione di scarico verso la rete di raccolta presente nello stabilimento in modo tale da assicurare che non si verificassero infiltrazioni nell'intorno dell'area di prova;
- misura manuale degli abbassamenti in corrispondenza del pozzo P7 e del piezometro PM5, e verifica dei livelli in corrispondenza del piezometro PM7. La prova è stata considerata conclusa dopo un periodo di pompaggio pari a 7 h e 20 min, quando, in corrispondenza del piezometro PM7 erano stati rilevati abbassamenti inferiori al cm per un periodo superiore a 2 h, criterio comunemente utilizzato per individuare il raggiungimento di condizioni stazionarie. In particolare in corrispondenza del pozzo di emungimento P7 è stato raggiunto un livello stabilizzato dopo un periodo di pompaggio pari a ca. 3 h, mentre in corrispondenza del piezometro PM7 è stato rilevato un abbassamento pari 0.5 cm nel periodo compreso tra 4 e 7 h di emungimento;
- prima di interrompere l'emungimento, è stato spostato il data logger all'interno del pozzo P7, reimpostando la misurazione ad un intervallo pari a 4 s, in modo tale da misurare la risalita all'interno del pozzo;
- interruzione del pompaggio e misura della risalita sia mediante il data logger che manualmente al fine di verificare il raggiungimento delle condizioni stazionarie; le misure sono terminate dopo ca. 1 h, quando era stato raggiunto nuovamente il livello statico all'interno del pozzo;
- smontaggio dell'attrezzatura e reinstallazione del sistema di messa in sicurezza d'emergenza.

Al termine della prova sono state messe nuovamente in funzione delle tre pompe dell'impianto di messa in sicurezza di emergenza.

Qui di seguito sono riportate le caratteristiche del pozzo di emungimento e dei piezometri di osservazione utilizzati, nonché la configurazione di pompaggio, la posizione dei punti di osservazione e una planimetria con indicazione della posizione dei tre punti.

La portata di emungimento è stata definita in considerazione del fatto che nel pozzo P7, durante il periodo di attività dell'impianto, era installata una pompa in grado di emungere portate variabili tra 27 e 200 m³/h; esso pertanto era in grado di sostenere una portata pari a ca. 130 m³/h e nel contempo garantire la possibilità di osservare abbassamenti almeno nel piezometro PM7, posto a ca. 35 m di distanza.

Tabella 2.2 *Caratteristiche del pozzo di emungimento e dei piezometri di osservazione utilizzati durante la prova di pompaggio effettuata il giorno 09.12.04.*

	POZZO P7	PIEZOMETRO PM7	PIEZOMETRO PM5
Profondità	44 m da p.c.	28 m	27 m
Diametro	0,4 m	4''	4''
Fenestratura	completa	12 – 28 m	11 – 27 m

Tabella 2.3 *Caratteristiche principali di configurazione della prova di pompaggio effettuata il giorno 09.12.04*

Distanza P7 – PM7	37 m
Distanza P7 – PM5	127 m
Portata di emungimento	130 m ³ /h
Spessore saturo	20 m

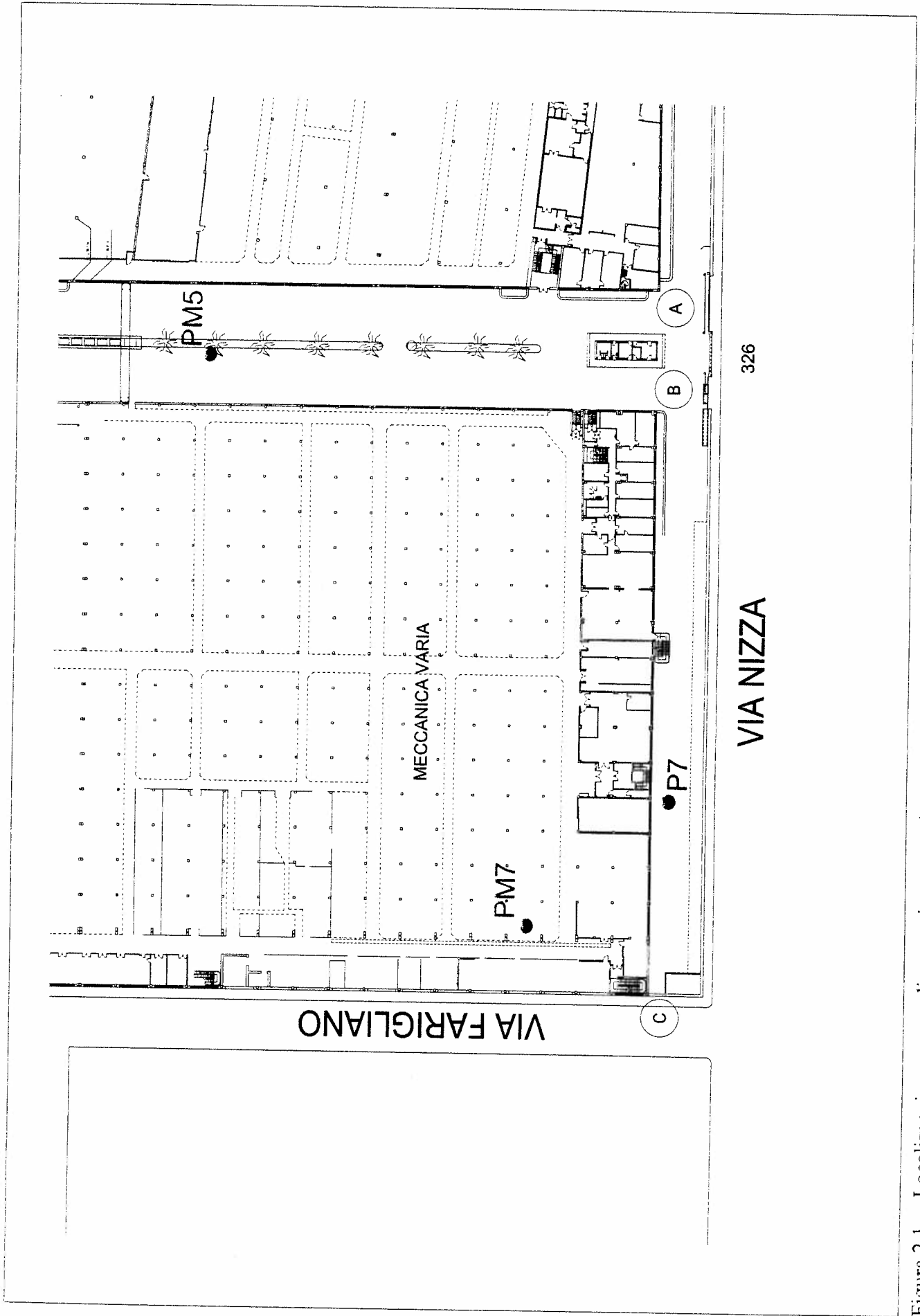


Figura 2.1 Localizzazione pozzo di emungimento e piezometri di monitoraggio prova di falda eseguita il 09.12 (scala 1:1.000)

3.2 Interpretazione della prova di pompaggio e risalita

3.2.1 Prova di pompaggio a portata costante

La corretta interpretazione di una prova di pompaggio a portata costante pozzo – piezometro prevede la seguente procedura:

- diagramma diagnostico dei dati acquisiti
- identificazione della tipologia idraulica
- individuazione del metodo di interpretazione idoneo
- determinazione dei parametri idrodinamici

Qui di seguito sono riportati i dati rilevati manualmente in corrispondenza dei piezometri di osservazione e del pozzo di emungimento, mentre i dati acquisiti mediante data logger sono riportati in Allegato 2.

Tabella 3.2 *Dati rilevati manualmente in corrispondenza del punto di emungimento e dei piezometri di osservazione durante la prova di pompaggio a lunga durata eseguita il giorno 09.12.04. Ora di inizio emungimento 9.23.*

P7		PM7		PM5	
ora	sogg. [m]	ora	sogg. [m]	ora	sogg. [m]
9.10	11.24	9.14	14.93	9.17	13.91
9.31	11.71	9.29	15.09	9.45	13.93
10.00	11.71	9.55	15.10	10.20	13.94
10.20	11.71	10.08	15.10	10.50	13.94
10.55	11.715	10.45	15.105	11.45	13.94
12.00	11.725	11.40	15.11	13.40	13.945
13.30	11.725	13.35	15.12	14.40	13.95
14.30	11.725	14.35	15.12	15.40	13.95
15.30	11.73	15.35	15.125		
16.10	11.73	16.15	15.125		

Come si può osservare gli abbassamenti massimi raggiunti sono pari a circa 50 cm in P7, 20 cm in PM7 e 4 cm in PM5. I dati relativi a PM5, come presumibile data la sua posizione rispetto al punto di

emungimento, non sono da considerarsi significativi al fine dell'interpretazione della prova, tuttavia, evidenziano che l'effetto del pompaggio è osservabile anche a quella distanza.

In Figura 3.1 è riportato il diagramma diagnostico relativo agli abbassamenti rilevati dal data logger in corrispondenza del piezometro PM7.

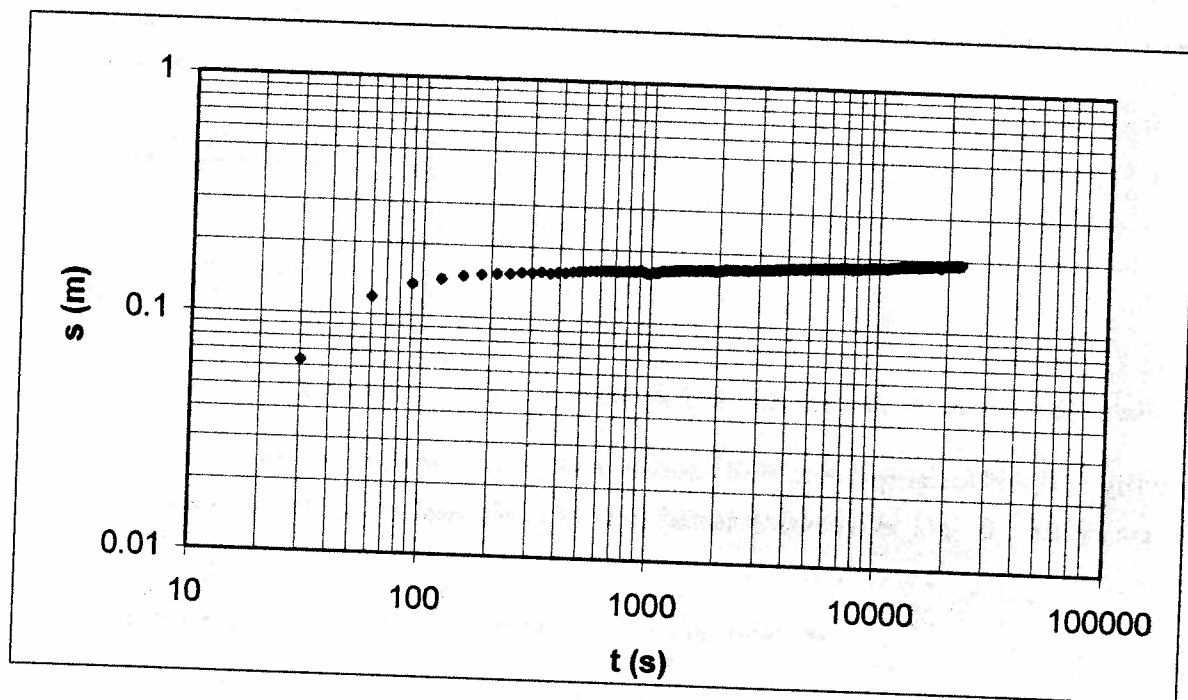


Figura 3.1 Diagramma diagnostico relativo ai dati rilevati in corrispondenza del piezometro PM7 durante la prova di pompaggio effettuata il giorno 09.12.04.

In considerazione della tipologia di acquifero presente, non confinato, i due metodi di interpretazione più utilizzati prevedono la linearizzazione della curva semilogaritmica abbassamento vs tempo (metodo di Jacob), oppure la sovrapposizione con una curva campione (metodo di Neuman). Nel caso in esame si è utilizzato questo secondo metodo, applicato mediante un software dedicato (AQTESOLVE 3.1) che permette di seguire la procedura di seguito descritta.

Il procedimento più comunemente utilizzato per l'interpretazione delle prove di lunga durata è il metodo della sovrapposizione con una o più curve campione (Type curve matching). La metodologia si sviluppa a partire dall'equazione di diffusività dell'acquifero è qui sotto esposta:

$$s(r, t) = \frac{Q}{4 * \pi * T} * s_d(u) \tag{1}$$

dove

$$u = \frac{S * r^2}{4 * T * t} \quad (2)$$

e s_d è la generica funzione adimensionale soluzione dell'equazione di diffusività, che riproduce il comportamento idrodinamico della tipologia di acquifero considerato. Per gli acquiferi non confinati, s_d assume l'espressione $S_d = W(u_A, u_B, \beta)$

Applicando gli operatori logaritmici ad entrambi i membri dell'equazione di diffusività (1) e del parametro u (2), si ottengono le seguenti equazioni:

$$\log t = \log \frac{S * r^2}{4 * T} + \log \frac{1}{u}$$

$$\log s = \log \frac{Q}{4 * \pi * T} + \log s_d$$

Dal momento che i due gruppi $\frac{Q}{4\pi}$ e $\frac{Sr^2}{4T}$ rappresentano due costanti, le ultime due equazioni indicano, in un diagramma logaritmico dello stesso modulo, che la curva sperimentale s vs t registrata durante la prova di falda, è equiparabile alla curva adimensionale s_d vs $1/u$, che rappresenta la tipologia di acquifero che meglio riproduce il comportamento reale del sistema in esame.

Sulla base di tale teoria si procede alla seguente metodologia operativa:

1. i dati della prova vengono diagrammati in scala bilogaritmica (Neuman);
2. si sceglie il set di curve teoriche adimensionali relative alla tipologia di acquifero individuata;
3. si sovrappongono i diagrammi citati ai punti 1 e 2;
4. si trasla la curva sperimentale su quelle adimensionali fino alla sovrapposizione della prima su una delle seconde; tale azione permette l'identificazione del modello teorico di riferimento;
5. si calcolano i valori dei parametri idrodinamici attraverso l'applicazione dell'equazione di diffusività in un punto di riferimento (match point).

In Figura 3.2 è riportata la sovrapposizione della curva ottenuta con la curva campione utilizzata per l'interpretazione della prova. I parametri caratteristici dell'acquifero ottenuti sono:

trasmissività	T	0.042 m ² /s
porosità efficace	n _e	0.28

Da cui si ottiene, considerando uno spessore medio dell'acquifero pari a ca. 20 m, una **conducibilità idraulica pari a 2,1·10⁻³ m/s.**

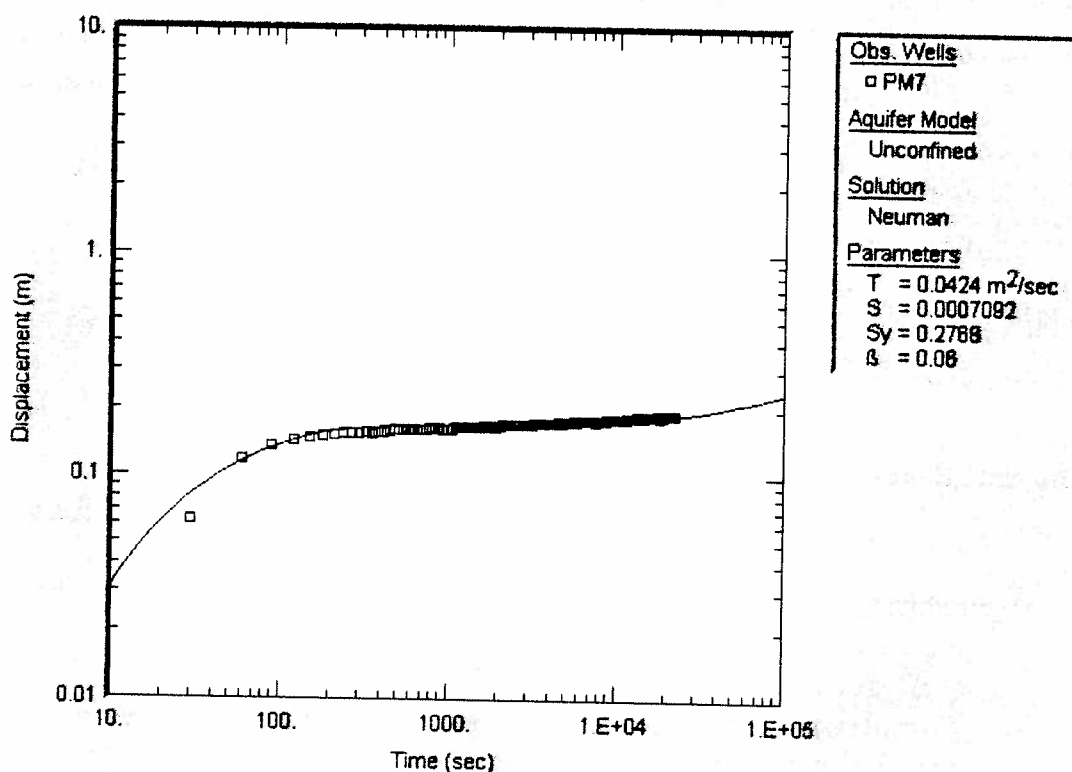


Figura 3.2 Grafico relativo alla sovrapposizione del diagramma bilogarithmico abbassamenti vs tempo utilizzato per l'interpretazione della prova di pompaggio mediante il metodo di Neuman.

Si osserva che, come noto, le condizioni operative non rispettavano totalmente le ipotesi alla base della teoria utilizzata, in particolare per quanto concerne le caratteristiche del pozzo di emungimento (raggio e volume non infinitesimi). Tali condizioni sono, tuttavia, da ritenersi trascurabili, in quanto sono rispettate sia le condizioni di durata che di posizione del punto di osservazione necessarie.

3.2.2 Prova di risalita

La prova di risalita in corrispondenza del pozzo di emungimento è utilizzata in questo principalmente come verifica dei risultati ottenuti mediante la prova pozzo – piezometro; l'interpretazione è basata essenzialmente sulla linearizzazione del diagramma semilogarithmico abbassamenti vs tempo applicando il metodo di Jacob (approssimazione logaritmica dell'equazione di Theis riportata qui di seguito).

I dati relativi alla prova di risalita effettuata nel pozzo P7 sono riportati in allegato 2, mentre in Figura 3.3 è riportato l'andamento su diagramma semilogaritmico con indicazione della retta approssimazione lineare e la variazione del livello piezometrico utilizzata per la determinazione della trasmissività secondo l'espressione:

$$T = 0.183 \frac{Q}{\Delta s} = 0.022 \text{ m}^2 / \text{s}$$

in cui

$$Q = 0,0363 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta s = 0,3 \text{ m}$$

Considerando uno spessore medio dell'acquifero pari a ca. 20 m si ricava una **conducibilità idraulica pari a $1,1 \cdot 10^{-3}$ m/s.**

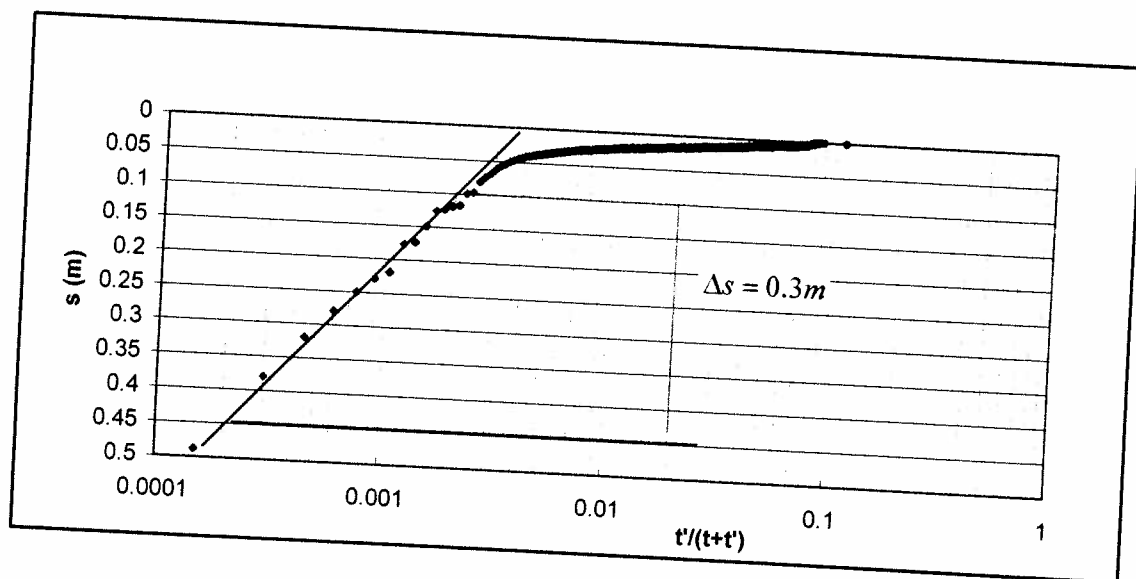


Figura 3.3 Diagramma dei dati rilevati durante la prova di risalita in corrispondenza del pozzo P7 e sovrapposizione rette di interpretazione.

3.3 Rilievo piezometrico

Il giorno 15.12.04 è stato effettuato un rilievo piezometrico, misurando la soggiacenza della falda in corrispondenza di 10 degli 11 piezometri esistenti e nel pozzo P7.

In Figura 3.4 viene riportata la piezometria dell'area indagata, ricavata dal rilievo planaltimetrico (12.10.04) e da quello piezometrico (15.10.04), mentre in Tabella 3.3 sono riportate le soggiacenze misurate a partire da testa tubo ed i relativi livelli piezometrici. I livelli piezometrici riportati sono stati



Studio Idrogeotecnico Applicato S.a.s.
 Viale F. Crispi 17 - 20121 Milano
 e-mail: stid@fastwebnet.it
 tel. 02/6597857 fax. 026551040

Pumping Test Analysis Report

Project: Fiat Avio Torino

Number: TO2669

Client: STUDIO TEDESÌ

Location: Torino

Pumping Test: PROVA A PORTATA COSTANTE

Pumping well: PE2

Test conducted by: BREVIGLIERI

Test date: 08/11/2006

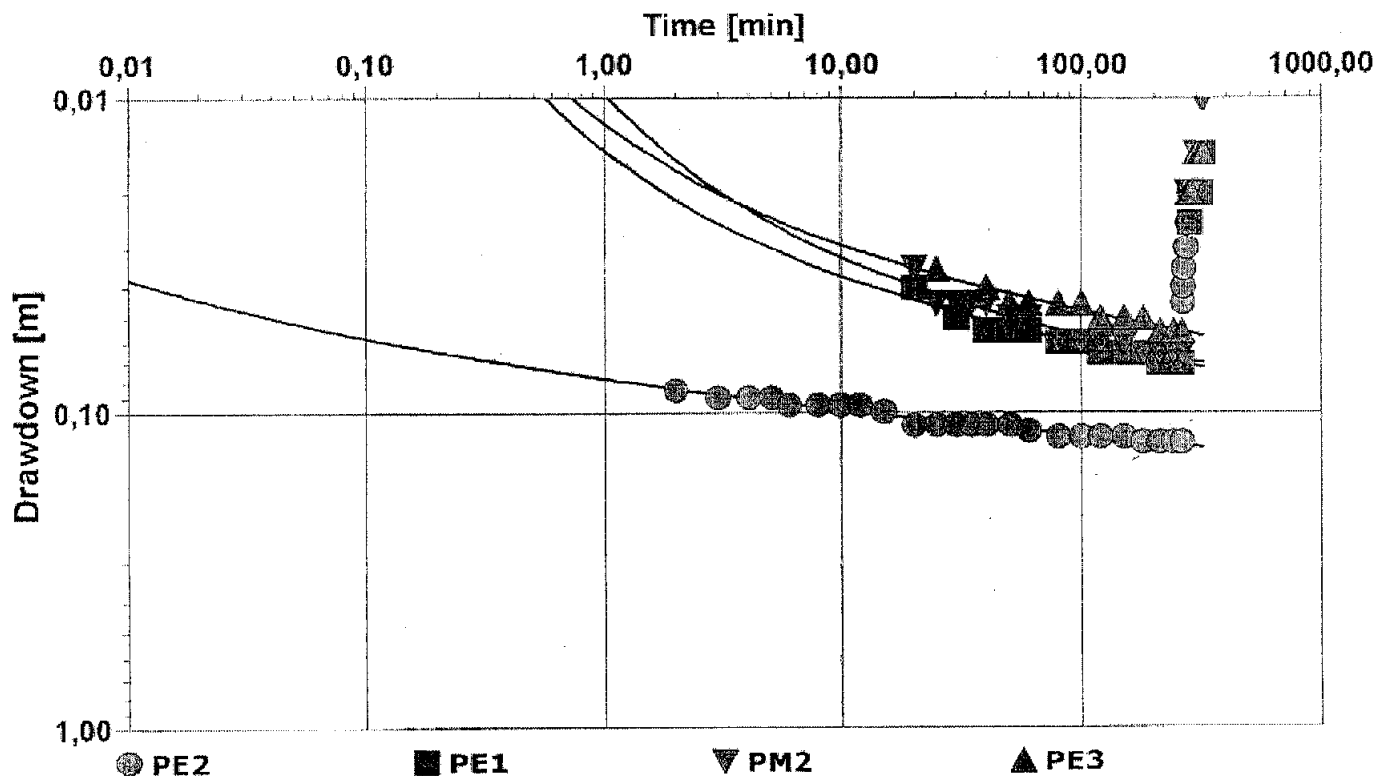
Analysis performed by: Breviglieri

PLDPE2DOWN

Date: 08/11/2006

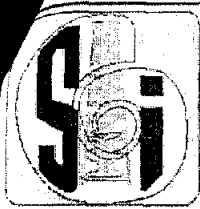
Aquifer Thickness: 30,00 m

Discharge rate: 19,23 [l/s]



Calculation after Theis

Observation well	Transmissivity [m ² /s]	K [m/s]	Storage coefficient	Radial distance to PW [m]
PE2	$1,74 \times 10^{-1}$	$5,81 \times 10^{-3}$	$2,62 \times 10^{-2}$	0,35
PE1	$1,50 \times 10^{-1}$	$5,00 \times 10^{-3}$	$3,12 \times 10^{-3}$	42,05
PM2	$1,39 \times 10^{-1}$	$4,65 \times 10^{-3}$	$5,31 \times 10^{-2}$	13,97
PE3	$1,93 \times 10^{-1}$	$6,44 \times 10^{-3}$	$3,89 \times 10^{-3}$	40,82
Average	$1,64 \times 10^{-1}$	$5,47 \times 10^{-3}$	$2,16 \times 10^{-2}$	



Studio Idrogeotecnico Applicato S.a.s.
 Viale F.Crispi 17 - 20121 Milano
 e-mail: stid@fastwebnet.it
 tel. 02/6597857 fax. 026551040

Pumping Test Analysis Report

Project: Fiat Avio Torino

Number: TO2669

Client: STUDIO TEDESÌ

Location: Torino

Pumping Test: PROVA A PORTATA COSTANTE

Pumping well: PE2

Test conducted by: BREVIGLIERI

Test date: 08/11/2006

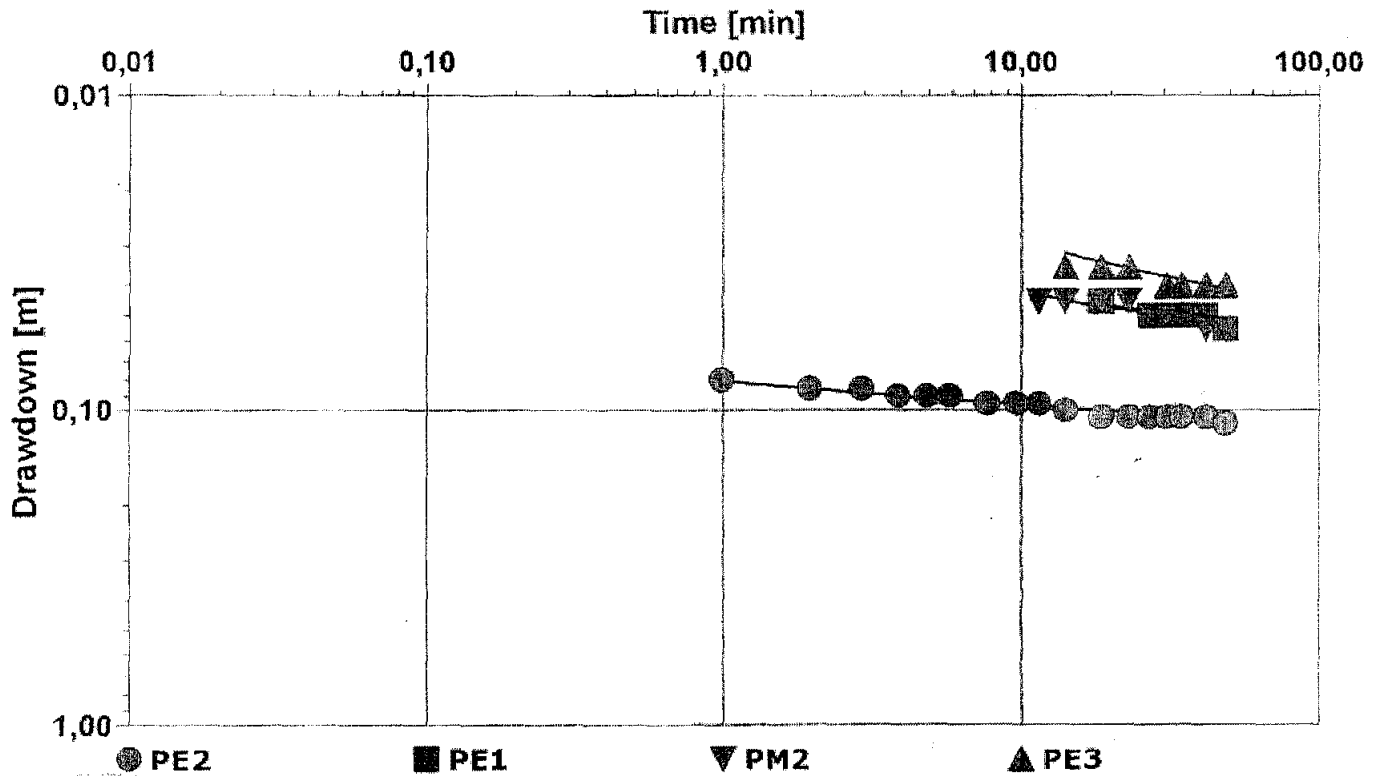
Analysis performed by: BREVIGLIERI

PLDPE2UP

Date: 08/11/2006

Aquifer Thickness: 30,00 m

Discharge rate: 19,23 [l/s]



Calculation after AGARWAL + Theis

Observation well	Transmissivity [m ² /s]	K [m/s]	Storage coefficient	Radial distance to PW [m]
PE2	$2,34 \times 10^{-1}$	$7,80 \times 10^{-3}$	$1,13 \times 10^{-3}$	0,35
PE1	$1,85 \times 10^{-1}$	$6,17 \times 10^{-3}$	$1,07 \times 10^{-3}$	42,05
PM2	$1,91 \times 10^{-1}$	$6,37 \times 10^{-3}$	$7,31 \times 10^{-3}$	13,97
PE3	$1,95 \times 10^{-1}$	$6,50 \times 10^{-3}$	$4,00 \times 10^{-3}$	40,82
Average	$2,01 \times 10^{-1}$	$6,71 \times 10^{-3}$	$3,38 \times 10^{-3}$	



CITTA' DI TORINO



ACCORDO DI PROGRAMMA

FINALIZZATO ALL'ATTUAZIONE DI UN PROGRAMMA DI INTERVENTI CON VALENZA DI PIANO PARTICOLAREGGIATO, NELL'AMBITO DELLE AREE AVIO-OVAL, PER LA REALIZZAZIONE DEL PALAZZO DEGLI UFFICI REGIONALI, DEI NUOVI COMPARTI EDILIZI E DELLE OPERE INFRASTRUTTURALI CONNESSE

NUOVO PALAZZO PER UFFICI REGIONE PIEMONTE

PROGETTO DEFINITIVO

REVISIONE	DATA	DIS	CONTR	DESCRIZIONE
0	19/09/08	PF	GP	Prima emissione
1	07/11/08	PF	GP	Seconda emissione

PROGETTO STRUTTURALE

CODICE GENERALE ELABORATO

CODICE OPERA	LOTTO	LIVELLO PROGETTO	AREA PROGETTAZIONE	TIPO DOCUMENTO	NUMERO ELABORATO	VERSIONE
PR	3	D	S	G	021	0

TITOLO

RELAZIONE SISMICA

FILE

PR-3-D-S-G-021-0.DOC

RAGGRUPPAMENTO DI PROGETTO

MANDATARIO

M FUKSAS^D

Piazza del Monte di Pietà, 30
00186 Roma
Tel +39 06 6880 7871
Fax +39 06 6880 7872
office@fukasas.it

85, rue du Temple
F-75003 Paris
Tel +33 1 446 18389
Fax +33 1 446 18389
m.fukasas@fukasas.fr

Schleusenstrasse 17
D-60327 Frankfurt am
Tel +49 69 24005 0
Fax +49 69 24005 199
office-FFM@fukasas.de

MANDANTI



AI Studio
Architettura, Ingegneria, Urbanistica
Via Lamarmora, 80 - 10128 Torino
E-mail posta@algroup.it



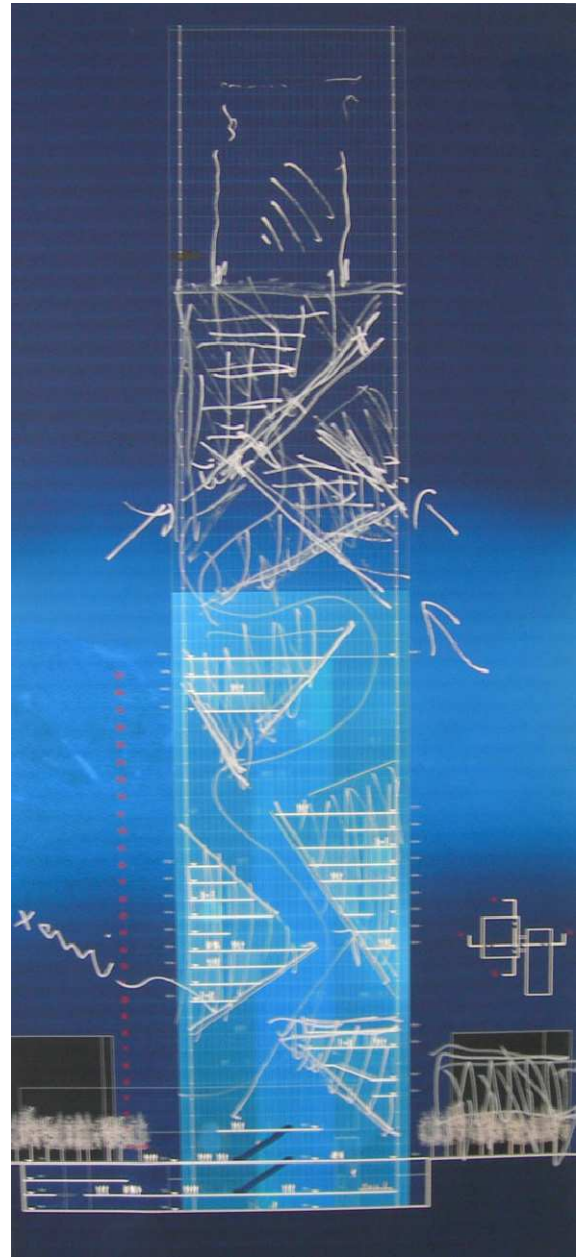
AI Engineering
Via Lamarmora, 80 - 10128 Torino
E-mail posta@algroup.it



Manens Intertecnica s.r.l.
Via Campofiore, 21 - 37129 Verona
E-mail manens@manens.com



Geodata S.p.A.
Corso Duca degli Abruzzi, 48/E - 10129 Torino
E-mail geodata@geodata.it



NUMERO PROGETTO

425

DIS. NUMERO

SCALA

DATA

07 / 11 / 2008

COMMITTENTE

Responsabile del procedimento Regione:

Dott.sa Maria Grazia FERRERI
Risorse Umane e Patrimonio

Co-responsabile del procedimento Regione:

Arch. Claudio FUMAGALLI
Politiche Territoriali

CONSULENTI SPECIALISTICI

Strutture

Studio Sarti
Via Circonvallazione Meridionale, 54 - 47900 Rimini
E-mail sarting@iper.net

Safety, Security, VVF e ASL

Proges s.r.l. - Ing. G. Amaro
Via Bligny, 15 - 10122 Torino
E-mail studioproges@gmail.com

Bonifiche ambientali e trattamento terre di scavo

Goldier Associates
Via Antonio Banfo, 43 - 10155 Torino
E-mail crampit@goldier.it

Procedimento di verifica della procedura di V.I.A.

Studio Mondini - Prof. Arch. Giulio Mondini
Via Pietro Egidi, 6 - 10122 Torino
E-mail giulio.mondini@polito.it

Lighting Architects

Speirs and Major Associates
Well Court Hall, Dean Village, Edinburgh EH43BE
E-mail info@samaassociates.com



INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	CRITERI DI PROGETTO E LIVELLI PRESTAZIONALI	6
1.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	7
2	NORMATIVE	10
3	MATERIALI	13
3.1	LEGGI COSTITUTIVE DEI MATERIALI	17
3.1.1	CALCESTRUZZO	18
3.1.2	ACCIAIO (B450C)	19
3.1.3	ACCIAIO DA CARPENTERIA	19
4	SISMICITA' DELLA ZONA	20
5	TORRE	23
5.1	TIPOLOGIA STRUTTURALE	23
5.2	TIPOLOGIA DEL SISTEMA DI FONDAZIONI	24
5.3	MATERIALI	25
5.4	ANALISI DEI CARICHI	25
5.5	MODELLAZIONE AGLI ELEMENTI FINITI (FEM)	26
5.6	ANALISI DINAMICA	28
5.6.1	ANALISI MODALE	28
6	INTERRATI	32
6.1	TIPOLOGIA STRUTTURALE	32
6.2	MATERIALI	32
6.3	ANALISI DEI CARICHI	33
6.3.1	ARCHIVI SU VIA NIZZA	33
6.3.2	UFFICI E MAGAZZINI VARI MANICHE PARALLELE A VIA FARIGLIANO	33
6.4	ANALISI DINAMICA	34
6.4.1	ANALISI MODALE	34
	ARCHIVI SU VIA NIZZA	34
	UFFICI E MAGAZZINI VARI MANICHE PARALLELE A VIA FARIGLIANO	35
7	CENTRO CONGRESSI	36
7.1	TIPOLOGIA STRUTTURALE	36
7.2	MATERIALI	38
7.3	ANALISI DEI CARICHI	39
7.3.1	CENTRO CONGRESSI	39
7.3.2	TUNNEL DI COLLEGAMENTO	39
7.3.3	ASILO	39
7.3.4	INTERRATO MANICA CENTRO CONGRESSI	39
7.4	MODELLAZIONI AGLI ELEMENTI FINITI (FEM)	40
7.5	ANALISI DINAMICA	40
7.5.1	ANALISI MODALE - CENTRO SERVIZI	40
7.5.1.1	1RISPOSTA DI SPETTRO	42
7.5.2	ANALISI MODALE - ASILO	45
7.5.2.1	ASILO PER LATTANTI	45
7.5.2.1.1	1RISPOSTA MODALE	45
7.5.2.1.2	2RISPOSTA DI SPETTRO	45
7.5.2.2	ASILO PER DIVEZZI	49
7.5.2.2.1	1RISPOSTA MODALE	49
7.5.2.2.2	2RISPOSTA DI SPETTRO	49
8	PARCHEGGI	52
8.1	TIPOLOGIA STRUTTURALE	52

8.2	MATERIALI	53
8.3	ANALISI DEI CARICHI.....	54
8.3.1.1	AUTORIMESSA.....	54
8.3.1.2	VIABILITÀ DI ACCESSO ALL'AUTORIMESSA.....	54
8.4	MODELLAZIONI AGLI ELEMENTI FINITI (FEM).....	55
8.5	ANALISI DINAMICA.....	55

1 PREMESSA

La presente relazione sismica è relativa alle strutture del Nuovo Palazzo della Regione Piemonte nell'ambito del progetto definitivo della Nuova Sede della Regione Piemonte di via Nizza a Torino.

La **Torre** in progetto ha le seguenti caratteristiche:

- altezza alla copertura di 184 m circa fuori terra
- dimensioni in pianta di 45m x 45m
- interpiano di 4,27m
- quota ± 0.00 fissata a 233,00 m s.l.m.
- due livelli interrati alle quote -4,27m e -8,54 m

La struttura verso via Nizza è caratterizzata da una serie di corpi aggettanti dal nucleo e in appoggio sulla pilastrata perimetrale, denominati "satelliti", che ricoprono solo in parte la superficie di piano.

Nella restante parte della torre invece i solai si estendono su tutta la superficie delimitata dalle facciate e si sviluppano, di livello in livello, con un interpiano pari 4,27m e 8,54 m per i primi 4 livelli.

Il sistema di fondazione è costituito da una platea dello spessore di 4,00m con impronta di 55x55m. Il miglioramento delle caratteristiche meccaniche del terreno sottostante (prevalentemente costituito da ghiaia con una potenza di circa 20÷40 m e dal sottostante strato in limo sabbioso, come riportato nella relazione geologico-geotecnica) con intervento consolidamento con jet-grouting.

Il **Centro Congressi** presenta una altezza sul piano campagna non rilevante quanto quella della torre, ma le scelte architettoniche lo rendono unico sia dal punto di vista artistico che strutturale.

I suoi spazi interni saranno destinati a sale convegni, auditorium ristoranti e saranno direttamente collegati alla torre attraverso una passerella pedonale, in semplice appoggio sulle strutture dei due edifici e svincolate orizzontalmente rispetto alla torre.

L'architettura della struttura, caratterizzata da ampi sbalzi, ampi spazi interni e un singolare sistema di facciata, ha reso necessario lo studio di una struttura che prevedesse solo 8 collegamenti in fondazione e un graticcio di elementi principali debitamente analizzato.

In particolare la struttura portante sarà realizzata in travi miste acciaio-calcestruzzo e la soletta sarà in cls gettato su lamiera grecata. Questa scelta progettuale è dettata dalla necessità di

avere il massimo rendimento strutturale con il minimo sovraccarico possibile.

L'**Asilo** è caratterizzato da una struttura indipendente in carpenteria metallica di altezza pari a circa 4.00 m situata al di sotto del Centro Congressi ed appoggiata sul solaio a livello +0.00.

L'opera presenta un ingombro in pianta di circa 51.00 x 31.00 m. Si divide in:

- Asilo per lattanti in progetto ha le seguenti caratteristiche:
 - altezza della copertura +4.00 m circa fuori terra
 - dimensioni in pianta di circa 22.5m x 29 m
- Asilo per divezzi in progetto ha le seguenti caratteristiche:
 - altezza della copertura +4.00 m circa fuori terra
 - dimensioni in pianta di circa 28.5m x 16 m

Si tratta di due strutture monopiano a telaio in parte poggianti direttamente sul solaio sottostante ed in parte in aggetto sulla corte interrata della torre. L'impalcato a sbalzo dei due asili di livello +0.00 è realizzato con travi metalliche e solaio tipo HI-Bond A55/P600 e getto di completamento in calcestruzzo alleggerito strutturale LC30/33-D1,8 ($\gamma = 1800 \text{ kg/mc}$). Le luci sono variabili da 0 a 6.4 m ed il solaio è sostenuto da pilastri pendolari retti dalla copertura e da travi a sbalzo ancorate al solaio in c.a. del piano terra.

L'impalcato di quota +4.00 è realizzato con travi metalliche e lamiera grecata tipo Deck di altezza complessiva pari a 13 cm. I due impalcati in corrispondenza dello sbalzo sono collegati rigidamente da profili tubolari 80x30x3, aventi passo pari a 75 cm, da inserire all'interno dei montanti della vetrata.

Sono inoltre previsti **due piani interrati** a contorno della corte della Torre.

I due piani sono corrispondenti al primo e al secondo livello della Torre, rispettivamente alle quote di -4,27m e di -8,54m, ed ospitano tutte le attività funzionali e di servizio del palazzo, tra cui le principali risultano:

- il sistema di accesso dal piano interrato o dalla piazza per i dipendenti e il sistema di vie di fuga della Torre, costituito dal doppio blocco scale-ascensori posizionate nelle due maniche parallele a via Farigliano: Il numero e le caratteristiche delle uscite veicolari e pedonali sono nel rispetto delle vigenti normative dei Vigili del Fuoco;
- il sistema di accesso dei mezzi di soccorso dalla viabilità interrata alla base della torre tramite la corte;
- il sistema di archivi posizionato principalmente nella manica lungo via Nizza;
- uffici vari, i relativi archivi e depositi vari;
- la mensa con relative cucine, depositi, magazzini. La mensa è posizionata al secondo livello interrato sotto l'edificio del Centro Congressi e risulta alimentata esclusivamente

dalla viabilità interrata tramite le apposite aree di carico/scarico;

- il centro fitness posizionato al primo livello interrato sotto il Centro Congressi
- l'infermeria e altre funzioni.

Il sistema di fondazione è costituito da plinti isolati, platee per le zone delle scale e delle uscite e cordoli per i muri e setti di dimensione variabile in funzione dei carichi da sopportare. Data l'estensione in pianta dell'opera e per limitare gli effetti dei cedimenti differenziali indotti dalla torre è stato previsto un adeguato sistema di giunti strutturali.

Data la disomogeneità della distribuzione dei carichi e l'estensione delle opere in progetto sono state pensate più strutture in elevazione separate da giunti che le rendessero indipendenti. In particolare in questa sede ci si riferisce alle strutture degli interrati, in quanto la torre è separata in maniera netta dagli altri fabbricati sin dallo spiccato delle elevazioni.

In particolare, come si evince dagli elaborati grafici, nella zona prospiciente la corte interrata sono stati previsti giunti in corrispondenza di ogni angolo della corte stessa. La manica al di sotto del Centro Congressi è poi stata a sua volta separata dagli interrati adibiti ad autorimessa. Le strutture dell'autorimessa sono giuntate in modo da ottenere dei moduli di dimensioni massime di 39.00x37.50m.

I giunti strutturali previsti riguardano solo le strutture in elevazione e sono dimensionati in 3cm.

Di seguito si riporta la distanza limite prevista ai sensi del 7.2.2. delle NTC:

$$d_{\min} = \frac{H}{100} \times (a_g S / 0.5g)$$

L'altezza massima è nella zona adiacente la manica al di sotto del centro congressi in cui la struttura presenta tre piani interrati ed un'altezza (H) di circa 10.00 m. I parametri sismici di cui al paragrafo specifico valgono:

$$a_g = 0.08g$$

$$S = S_s \times S_T$$

$$1.00 \leq S_s = 1.70 - 0.60F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1.50 \Rightarrow 1.50$$

$$S_T = 1.00$$

$$d_{\min} = \frac{1000}{100} \times (0.08 \times 1.50 / 0.5) = 2.40\text{cm} < 3.00\text{cm}$$

1.1 CRITERI DI PROGETTO E LIVELLI PRESTAZIONALI

L'analisi strutturale è stata effettuata in base alle normative vigenti.

In particolare per la definizione dei carichi, le analisi e le verifiche si è fatto riferimento al quadro normativo delineato del D.M. 14/01/08 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

Per quanto non riportato sul Decreto si sono seguite le indicazioni degli Eurocodici e della bozza del 07 marzo 2008 di Circolare applicativa delle NTC medesime.

Le verifiche degli elementi è stata svolta seguendo il metodo degli Stati Limite.

Il comportamento strutturale non è strettamente legato all'altezza dell'edificio, sia per quanto riguarda le strutture portanti che le soluzioni di facciata.

Per gli edifici a sviluppo verticale di notevole altezza, l'approccio progettuale e lo sviluppo della progettazione sono necessariamente più complessi ed articolati rispetto agli edifici correnti o di media altezza, in quanto non si può prescindere dalle analisi sperimentali, che riguardano sia l'interazione fondazione/elevazione, sia lo studio aerodinamico dei corpi emergenti del terreno.

L'approccio progettuale deve in sintesi tener conto dei seguenti principali aspetti, che costituiranno l'input della successiva modellazione spaziale:

- normativa base di riferimento (sisma vento, carichi);
- aspetti geologico/geotecnici;
- ingegneria del vento (vortici, turbolenze, ecc.);
- sicurezza strutturale (resistenza al fuoco, incidenti, cedimenti, ecc. ecc.);
- comfort ambientale (vibrazioni, accelerazioni, ecc. ecc.).

In accordo a quanto riportato sulla Circ. PGR 27 aprile 2004, n° 1/DOP, trattandosi di opere di interesse strategico situate in zona 4 si è proceduto alla definizione delle azioni sismiche di progetto ai sensi del par. 3.2 delle NTC 2008. Va precisato che la classificazione in Zona 4, come da istruzioni dettate dalla Regione Piemonte, attraverso la e-mail del 17/07/2008 inviata dall'Ing. Savattini, è stata utilizzata solo ai fini procedurali di definizione delle linee di indirizzo per la progettazione. Per la valutazione delle azioni si è fatto riferimento all'allegato B delle NTC riferiti alle coordinate dell'area su cui sorgerà la torre.

Per le tipologie strutturali proposte si è stabilito di utilizzare un termine di "vita nominale" maggiore od uguale a 100 anni (§2.4.1 del NTC 2008).

La "classe d'uso" considerata per la struttura, essendo questa adibita a funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità, è stata la IV.

E' stato verificato il comportamento di insieme delle strutture medesime in condizioni di

esercizio ed in condizioni estreme.

E' stata inoltre effettuata la verifica dello stato di sollecitazione e di deformazione sia per le situazioni di esercizio, sia agli stati limite ultimi e di danno, valutando di conseguenza i coefficienti di sicurezza generali e specifici, nonché il comportamento associato all'interazione tra strutture portanti e componenti edilizie non strutturali (facciate "performanti" ecc. ecc.).

1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L'esame approfondito delle stratigrafie reperite dalla campagna di indagine effettuata a termine del progetto preliminare ha consentito di delineare l'assetto geologico-stratigrafico dell'area.

Dal piano campagna risultano:

- Terreni di riporto: tali terreni hanno una granulometria variabile da una sabbia debolmente limosa ad una ghiaia debolmente sabbiosa (condizione prevalente) con ciottoli e inglobati frammenti di laterizi e materiali vari di riempimento. Sono stati segnalati localmente frammenti di lavorazione delle attività dell'ex area industriale. Lo spessore di questi terreni varia da pochi decimetri ad un massimo di 6m di profondità dal piano campagna, variabile in questa area, intorno alla quota 234m÷235m s.l.m.
- Sabbie ghiaiose, ghiaie sabbiose e ghiaie sabbioso-limose con ciottoli: questi terreni sono riferibili ai depositi fluviali e fluvioglaciali rissiani (Quaternario). Tali depositi sono costituiti da classi grossolane prevalenti. Sono tuttavia presenti livelli a granulometria fine (sabbia fine limosa, limo sabbioso), generalmente di spessore inferiore al metro, localizzate in profondità del deposito (indicativamente tra 20 e 40m da p.c.). Sono inoltre presenti sporadiche lenti di materiale cementato, il cui grado di cementazione può arrivare ad essere molto elevato (livelli da centimetrici a metrici di conglomerato). Il limite inferiore di questi depositi è valutato a circa -38m ÷ -40m da p.c.
- Limo sabbioso debolmente argilloso grigio: questi depositi di ambiente marino di età pliocenica sono stati rinvenuti ad una quota simile a quella indicata per l'area ex-Fiat Avio nei sondaggi (serie SP1-3) eseguiti poco più a nord nell'area del Lingotto, ossia valutato a circa -38m ÷ -40m da p.c.

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico, i terreni ghiaioso-sabbiosi, riferibili ai depositi fluviali e fluvioglaciali rissiani, sono sede di un acquifero freatico. I dati di soggiacenza misurati confermano il quadro delineato dalle letture eseguite nei piezometri installati per il Progetto Definitivo dell'intervento di bonifica (cfr. bonifica area ex-FIAT AVIO) ed unitamente ai dati del monitoraggio sui piezometri installati per la progettazione della Linea 1 della metropolitana hanno permesso di ricostruire il pannello piezometrico della falda superficiale.

L'esame dei risultati forniti dai modelli numerici eseguiti per valutare l'interferenza con la falda

della realizzazione delle opere connesse al prolungamento Porta Nuova – Lingotto della linea 1 della metropolitana permettono di stimare in +0.2m l'innalzamento del livello piezometrico a monte della galleria di linea e in circa +1.0m quello in corrispondenza delle stazioni profonde, escludendo quindi interferenze a livello delle opere oggetto della presente relazione.

La superficie piezometrica è ubicata ad una profondità dal p.c. di circa -14.5m ÷ -15.0m da p.c. in quote assolute, a circa 220m s.l.m., relativamente all'area oggetto del Progetto. La direzione media di flusso idrico sotterraneo è orientata da ovest verso est ed il gradiente idraulico medio è pari a 0.4%.

Le opere comprese nel progetto sono relative a manufatti per uso pubblico le cui opere di fondazione, data l'elevazione dei manufatti, saranno necessariamente spinte in profondità nel sottosuolo.

Prendendo in considerazione le opere che interferiscono direttamente con i terreni del sottosuolo si evidenzia la presenza di aree di parcheggio privato e pubblico/privato spinte fino a due livelli interrati (piano carrabile a circa -7,00m da p.c.) e fino a tre livelli interrati per la zona subito adiacente alle funzioni del Palazzo della Regione (piano carrabile a circa -10,00m da p.c.). Le fondazioni sono approfondite rispetto ai valori indicati di circa 1.5m.

Ne risulta quindi che tali opere interferiscono con i depositi ghiaioso sabbiosi dei depositi fluviali e fluvioglaciali rissiani (Quaternario), per i quali, allo stato attuale delle conoscenze, non si evidenziano particolari problemi di tipo fondazionale.

Sulla base delle valutazioni effettuate è ragionevole ipotizzare che l'interferenza tra opere e falda, data la modesta profondità delle opere più profonde e la buona permeabilità generale dei depositi, non possa causare fenomeni rilevanti di innalzamento del livello di falda in seguito a parziale ostruzione della sezione idraulica di deflusso.

Sulla base di quanto sviluppato come indagini geologiche (vedi stratigrafie) emerge una stratigrafia media che classifica il terreno come categoria C (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).



2 NORMATIVE

L'attuale quadro normativo tecnico sta convergendo verso l'applicazione dei codici europei, tuttavia ci troviamo in una fase di transizione. Infatti dal gennaio 2008 la prima edizione delle NTC è stata sostituita dall'aggiornamento con DM del 14/01/2008. Ora si è in attesa della promulgazione della circolare applicativa di tali norme tecniche che chiarisca alcuni punti in cui il DM è ancora piuttosto nebuloso. In questa situazione alquanto mutevole si è deciso di proseguire sulla linea iniziata in fase di progetto preliminare, ovvero ci si riferisce principalmente alle NTC 2008 andando poi ad integrare con altre norme, principalmente Eurocodici. Per quanto non dettagliato nemmeno negli Eurocodici ci si è basati sulla Letteratura tecnica consolidata di settore.

Nel seguito è riportato il dettaglio delle norme tecniche, procedurali ed amministrative alle quali si è fatto riferimento durante la progettazione.

Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia Circ. n.11651 del 14/02/1974

DM 14/01/2008, “Norme Tecniche per le Costruzioni”

Normativa tecnica di riferimento. Essendo un documento generale di carattere prestazionale per la definizione di parametri specifici e per le regole di dettaglio, come previsto dal Decreto stesso, ci si è riferiti alle seguenti normative:

ISTRUZIONI per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.

Bozza Aggiornata al 7/03/2008

UNI EN 1990:2006

Eurocodice – Criteri generali di progettazione strutturale

UNI EN 1991-1-1:2004

Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in Generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.

UNI EN 1991-1-4:2005

Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in Generale – Azioni del Vento

UNI EN 1992-1-1:2005

Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1993-1-1:2005

Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1998-1:2005

Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.

UNI EN 1994-1-1:2005

Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 206-1:2006

Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione e conformità.

NBCC1990

National Building Code of Canada – procedura di determinazione delle accelerazioni indotte dal vento sugli edifici.

Normative di riferimento per la determinazione della resistenza al fuoco delle strutture:

D.M. 16/02/07 - Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione. (GU n. 74 del 29-3-2007- Suppl. Ordinario n.87)

D.M. 09/03/07 - Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco. (GU n. 74 del 29-3- 2007- Suppl. Ordinario n.87)

Uni 9502/01, Uni 9503, Uni 9504

R.D. 25.05.1895, n.350 “Regolamento per la direzione, contabilità, collaudazione dei lavori dello Stato che sono nelle attribuzioni del Ministero dei Lavori Pubblici

Circ. Min. LL.PP. 14.02.1974, n.11951 “Applicazione della legge 05.11.1971, n. 1086”.

Circ. Min. LL.PP. 31.07.1979, n.19581 “Legge 05.11.1971, n. 1086, art. 7- Collaudo Statico”.

Circ. Min. LL.PP. 23.10.1979, n.19777 “Competenza amministrativa: Legge 05.11.1971, n. 1086 02.02.1974, n.64”.

Circ. Min. LL.PP. 09.01.1980, n.20049 “Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato”.

Circ. Min. LL.PP. 01.09.1987, n.29010 “Legge 05.11.1971, n. 1086 DM 27.07.1985, Controllo dei materiali in genere e degli acciai per cemento armato normale in particolare”.

CNR-DT 207/2008 “Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.

ISO del 15/08/1984, n° 6897

Guidelines for evaluation of the response of occupants of fixed structures, especially buildings and off-shore structures, to low-frequency horizontal motion.

L.R. 12 MARZO 1985, n° 19

Snellimento delle procedure di cui alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, in attuazione della legge 10 dicembre 1981, n. 741.

Circolare del Presidente della Giunta Regionale 27/04/2004 n. 1/DOP

D.G.R. 61-11017 del 17/11/03 (Prime disposizioni in applicazione dell’ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20/02/2003 recante primi elementi in materia di criteri generali per classificazione

sismica del territorio e di normative tecniche per costruzioni in zona sismica) – Indicazioni procedurali

D.G.R. del 23/12/03, n°64-11402

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 (“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”) - Disposizioni attuative dell'articolo 2

D.G.R. del 17/11/03, n°61-11017

Prime disposizioni in applicazione dell'ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20/02/2003 recante primi elementi in materia di criteri generali per classificazione sismica del territorio e di normative tecniche per costruzioni in zona sismica

3 MATERIALI

Le strutture dell'opera in progetto verranno realizzate in parte in calcestruzzo armato ed in parte in carpenteria metallica; le facciate in progetto verranno realizzate in parte in alluminio, in parte in acciaio e naturalmente in parte in vetro. Le caratteristiche dei materiali adoperati, ordinati secondo gli elementi strutturali sono le seguenti.

CALCESTRUZZO (UNI EN 206-1)	Classe di resistenza (N/mm ²)	Dimensione max nominale aggregati (mm)	Classe di esposizione ambientale	Classe di consistenza	Tipologia strutturale
GETTI IN OPERA:					
Sottofondazioni	C12/15	-	-	-	Non Armato
INTERRATI PARCHEGGI					
Fondazioni parcheggi	C28/35	22	XA2	S3	Armato
Getti in opera In genere parcheggi	C28/35	16	XC1	S5	Armato
INTERRATI TORRE					
Fondazioni	C32/40	22	XA2	S3	Armato
Getti in opera in genere	C28/35	16	XC1	S5	Armato
Predalles e dalles	C45/55	16	XC1	S5	Armato
CENTRO SERVIZI E ASILO					
Fondazioni	C32/40	22	XA2	S3	Armato
Getti in opera in genere	C28/35	16	XC1	S5	Armato
Predalles e dalles	C45/55	16	XC1	S5	Armato
Solaio e travi gettati su lamiera grecata	LC30/33 - D1,8	16	XC1	S5	Armato
TORRE					
Fondazioni	C32/40	22	XC2-XA2	S4	Armato
Pilastri tutti i livelli	Nucleo fino al 15° Livello C60/75	16	XC1	SCC	Armato
	Nucleo oltre il 15° Livello C35/45	16	XC1	S5	Armato
Solaio e travi gettati su lamiera grecata	LC30/33 - D1,8	16	XC1	S5	Armato
Solaio e travi in c.a. zona nucleo	C28/35	16	XC1	S5	Armato

ACCIAIO PER OPERE IN C.A.

Armatura ordinaria in acciaio ad aderenza migliorata

Acciaio

B450 C (ex FeB 44k)

ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA (UNI EN 10025-1/6:2005)

PROFILATI E LAMIERE

Acciaio

S355

Colonne torre

Acciaio

S460

Lamiere grecate

Acciaio

S280GD

BULLONERIA

VITI

Bulloni ad attrito UNI EN 20898-2 : 1994 Prospetti II e III - prescritta prova di resilienza a -20 °C

Alta resistenza cl. 10.9 UNI EN ISO 898-1 : 2001

ROSETTE E PIASTRINE

C50 secondo UNI EN 10083-2 : 2006 temprato e rinvenuto HRC 32/40

composizione: 1 vite +

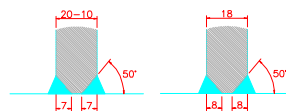
DADI

Alta resistenza cl. 10 secondo UNI EN 20898-2 : 1994

2 rondelle + 1 dado

SALDATURE

TUTTE LE SALDATURE DOVRANNO ESSERE A COMPLETA PENETRAZIONE IN PARTICOLARE LE SALDATURE DEGLI IRRIGIDIMENTI D'ANIMA ORIZZONTALI E VERTICALI SIA DELLE TRAVI PRINCIPALI CHE SECONDARIE (HEA, IFB, UPN, PIATTI DI IRRIGIDIMENTO, ECC...)



RESISTENZA AL FUOCO

STRUTTURE REI 120

NB: PER GARANTIRE LA RESISTENZA AL FUOCO DEI CALCESTRUZZI AUTOCOMPATTANTI SI DOVRA' PREVEDERE NELL'IMPASTO UNA QUANTITA' DIFIBRE POLIPROPILENICHE (0,1+0,3% VOLUMETRICO) COME PRESCRITTO DALLE LINEE GUIDA SUL CLS STRUTTURALE DEL C.S.LL.PP.

COPRIFERRI: (DM 16/01/2007; UNI EN 1992-1-1:2005)

R120

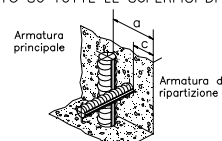
Soletta piena
Solaio latero-cemento
Solaio su lastre
Pilastri
Travi
Setti

a > 40 mm
a > 45 mm
a > 45 mm
a > 50 mm
a > 50 mm
a > 35 mm

Armatura inferiore solaio su lamiera grecata
Setti, Solai e Travi in c.a.
Fondazioni

a=12.5cm
a>5cm
c>5.5cm

E' PREVISTO L'UTILIZZO DEI DISTANZIATORI IN PLASTICA PER GARANTIRE IL COPRIFERRO PRESCRITTO SU TUTTE LE SUPERFICIE DI GETTO



FACCIATE

VETRO RICOTTO (UNI 572)

Vetro silicato sodo-calcico piano, trasparente, chiaro a facce parallele e lustre ottenuto per colata continua e flottazione su un bagno di metallo.

Le caratteristiche meccaniche sono:

Caratteristica	Simbolo	Valore numerico e unità di misura
Densità (a 18 °C)	ρ	2 500 kg/m ³
Durezza (Knoop)	HK _{0,1/20}	6 Gpa
Modulo di Young (modulo di elasticità)	E	7×10^{10} Pa
Coefficiente di Poisson	μ	0,2
Resistenza a flessione caratteristica	$f_{g,k}$	45×10^6 Pa ^{a)}
Capacità termica specifica	C	$0,72 \times 10^3$ J/(kg · K)
Coefficiente medio di espansione lineare tra 20 °C e 300 °C	α	9×10^{-6} K ⁻¹
Resistenza contro il differenziale di temperatura e la variazione improvvisa di temperatura		40 K ^{b)}
Conduttività termica	λ	1 W/(m · K)
Indice di rifrazione medio alle radiazioni visibili (da 380 nm a 780 nm)	N	1,5
Emissività (corretta)	ε	0,837

a) La resistenza a flessione caratteristica deve essere utilizzata congiuntamente al metodo di progettazione fornito nel prEN 13474.
b) Valore generalmente accettato che è influenzato dalla qualità del bordo e dal tipo di vetro.

Le resistenze di calcolo sono:

VETRO RICOTTO

Azioni di breve durata: 20 N/mm²
Azioni di lunga durata: 10 N/mm²

VETRO TEMPRATO TERMICAMENTE (UNI 12150)

Vetro nel quale è stata indotta una sollecitazione di compressione permanente sulla superficie mediante un processo controllato di riscaldamento e raffreddamento per conferirgli una maggiore resistenza alle sollecitazioni meccaniche e termiche e caratteristiche di rottura prescritte.

Caratteristiche di frammentazione: In caso di rottura, il vetro di silicato sodo-calcico di sicurezza temprato termicamente si rompe in numerosi frammenti con bordi generalmente smussati. Le caratteristiche meccaniche sono le medesime del vetro ricotto a meno del valore di resistenza meccanica caratteristica pari a :

Tipo di vetro	Valori di resistenza meccanica N/mm ²
Float: trasparente verniciato rivestito	120

Le resistenze di calcolo sono:

VETRO TEMPRATO

Azioni di breve durata: 50 N/mm²
Azioni di lunga durata: 50 N/mm²

INTERCALARE

Strato di materiale agente come adesivo e separatore tra lastre di vetro e/o fogli di plastica. Può anche fornire prestazioni aggiuntive al prodotto finito, per esempio resistenza agli urti, resistenza al fuoco, controllo solare, isolamento acustico.

Nel presente progetto si fa uso a due tipologie di intercalare:

PVB – POLIVINILBUTIRRALE: PROPERTIES TEMPERATURE AND LOAD DURATION

- Shear modulus, G (MPa)

G_{PVB} (MPa)	3s	1 min.	1 hr.	1 day	1 mo.	> 1 yr.
20 °C	8.06	1.64	0.840	0.508	0.372	0.266
30 °C	0.971	0.753	0.441	0.281	0.069	0.052
40 °C	0.610	0.455	0.234	0.234	0.052	0.052
50 °C	0.440	0.290	0.052	0.052	0.052	0.052

- Poisson ratio, ν

ν_{PVB}	3s	1 min.	1 hr.	1 day	1 mo.	> 1 yr.
20 °C	0.4980	0.4996	0.4998	0.4999	0.4999	0.4999
30 °C	0.4998	0.4998	0.4999	0.4999	0.5000	0.5000
40 °C	0.4998	0.4999	0.4999	0.4999	0.5000	0.5000
50 °C	0.4999	0.4999	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000

VETRO STRATIFICATO

Insieme composto da un foglio di vetro e da uno o più fogli di vetro e/o di plastica, uniti assieme con uno o più intercalari. Lo spessore equivalente di calcolo dei vetri stratificati si desume dalle formule proposte dai CAHIER del CSTB. Lo spessore equivalente è dato dalla formula:

$$e_{eq1} = \sqrt[3]{e_1^3 + e_2^3 + 0,2(e_1 + e_2)^3}$$

Dove e_1 e e_2 solo gli spessori nominali dei due vetri componenti lo stratificato.

Per quanto riguarda gli stratificati con SGP, per la determinazione dello spessore equivalente si fa riferimento alle schede tecniche del produttore.

VETRATA ISOLANTE (VETRO CAMERA)

Insieme costituito da almeno due lastre di vetro, separate da uno o più distanziatori, sigillato ermeticamente lungo il perimetro, meccanicamente stabile e durevole.

Lo spessore equivalente di calcolo dei vetri camera si desume dalle formule proposte dai CAHIER del CSTB. Lo spessore equivalente è dato dalla formula:

$$e_{eq2} = \sqrt[3]{e_1^3 + e_2^3}$$

Dove e_1 e e_2 solo gli spessori nominali dei due vetri componenti il vetro isolante.

ALLUMINIO

UNI ENV 1999-1-1:2002 prospetto 3.2b

Valori minimi garantiti della resistenza al limite elastico convenzionale $f_{0,2}$ corrispondente alla deformazione residua dello 0,2% e della resistenza ultima di trazione f_u per leghe di alluminio da lavorazione plastica - Profili estrusi, tubi estrusi, barre e tondi estrusi e tubi trafilati.

Lega	Forma del prodotto	Tempra	Dimensione t, spessore della parete o spessore mm	$f_{0,2}$ resistenza al limite elastico convenzionale corrispondente alla deformazione residua dello 0,2% N/mm ²	f_u resistenza ultima N/mm ²	A_{50} allungamento minimo %
EN AW-5083	ET, EP, ER/B	F, H112	$t \leq 200$	110	270	12
	DT	H12 H22 H32	$t \leq 10$	200	280	6
		H14 H24 H34	$t \leq 5$	235	300	4
EN AW-6060	EP, ET, ER/B	T5	$t \leq 5$	120	160	8
	EP		$5 < t \leq 25$	100	140	8
	ET, EP, ER/B	T6	$t \leq 15$	140	170	8
	DT		$t \leq 20$	160	215	12
EN AW-6061	ET, EP, ER/B, DT	T6	$t \leq 20$	240	260	8

3.1 LEGGI COSTITUTIVE DEI MATERIALI

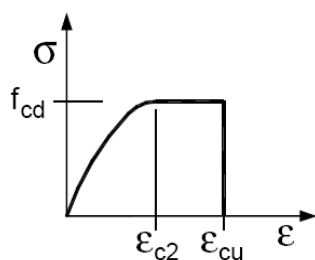
I calcestruzzi strutturali vengono classificati come segue:

- prima categoria con $55 < R_{ck} \leq 75 \text{ N/mm}^2$ - Calcestruzzo ad alte prestazioni (AP);
- seconda categoria con $75 < R_{ck} \leq 115 \text{ N/mm}^2$ - Calcestruzzo ad alta resistenza (AR).

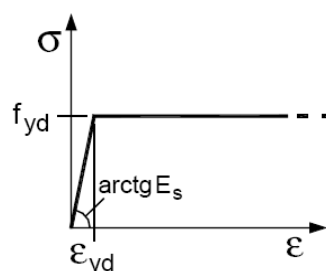
Le Linee Guida sui calcestruzzi ad alta resistenza precisano che la progettazione con impiego di calcestruzzi AR deve comprendere la modellazione del materiale e un'adeguata giustificazione delle regole di calcolo adottate. Per la progettazione con impiego di calcestruzzi AP potrà farsi riferimento invece alle stesse Linee Guida e alle norme tecniche valide per calcestruzzi con $R_{ck} \leq 55 \text{ N/mm}^2$ (calcestruzzi di resistenza normale).

Il decreto ministeriale del 2008 e la relativa circolare confermano quanto sopra esposto; ovvero viene precisato che per le classi di resistenza comprese tra C70/85 e C90/105 deve essere richiesta l'autorizzazione ministeriale mediante le procedure già stabilite per altri materiali innovativi. Questo non vale per le classi di calcestruzzo prescelte che seguono le regole per i calcestruzzi di resistenza inferiore senza coefficienti di riduzione.

Le strutture dell'opera in progetto verranno realizzate in parte in calcestruzzo armato ed in parte in carpenteria metallica. Si riportano di seguito i diagrammi di calcolo tensione-deformazione:



calcestruzzo



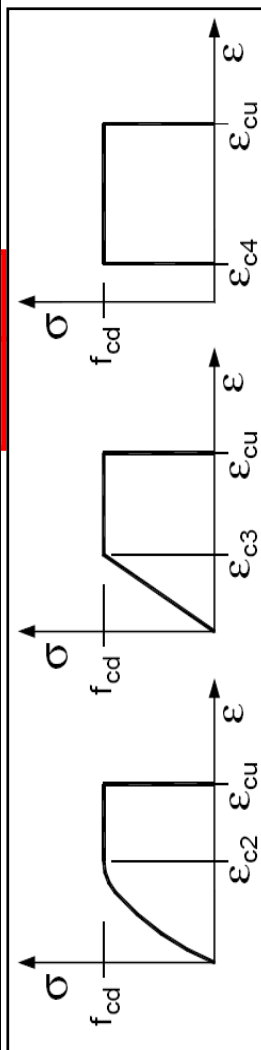
acciaio

I materiali adoperati sono i seguenti:

- Calcestruzzo C28/35
- Calcestruzzo C32/40
- Calcestruzzo C60/75
- Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C
- Acciaio da carpenteria S355
- Acciaio da carpenteria S460

3.1.1 Calcestruzzo

CLASSI DI RESISTENZA DEI CALCESTRUZZI																
	8	12	16	20	25	28	32	35	40	45	50	55	60	70	80	90
f_{ck} (MPa)	8	12	16	20	25	28	32	35	40	45	50	55	60	70	80	90
$f_{ck,cube}$ (MPa)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	67	75	85	95	105
f_{cm} (MPa)	16	20	24	28	33	36	40	43	48	53	58	63	68	78	88	98
f_{cm} (MPa)	1.20	1.57	1.90	2.21	2.56	2.77	3.02	3.21	3.51	3.80	4.07	4.21	4.35	4.61	4.84	5.04
$f_{ck,0.05}$ (MPa)	0.84	1.10	1.33	1.55	1.80	1.94	2.12	2.25	2.46	2.66	2.85	2.95	3.05	3.23	3.39	3.53
$f_{ck,0.95}$ (MPa)	1.56	2.04	2.48	2.87	3.33	3.60	3.93	4.17	4.56	4.93	5.29	5.48	5.66	5.99	6.29	6.56
E_{cm} (GPa)	25.33	27.09	28.61	29.96	31.43	32.31	33.35	34.08	35.22	36.28	37.28	38.21	39.10	40.74	42.24	43.63
ϵ_{c2} (‰)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26
ϵ_{c3} (‰)	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.182	0.189	0.203	0.216	0.230
ϵ_{c4} (‰)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05
ϵ_{cu} (‰)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.31	0.29	0.27	0.26	0.26



3.1.2 Acciaio (B450C)

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y\ nom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{t\ nom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_y/f_{y\ nom})_k$	$< 1,35$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7,5\ %$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12\ mm$	4 ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16\ mm$	5 ϕ	
per $16 < \phi \leq 25\ mm$	8 ϕ	
per $25 < \phi \leq 40\ mm$	10 ϕ	

3.1.3 Acciaio da carpenteria

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

modulo elastico $E = 210.000\ N/mm^2$

modulo di elasticità trasversale $G = E / [2 (1 + \nu)]\ N/mm^2$

coefficiente di Poisson $\nu = 0,3$

coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6}\ per\ ^\circ C^{-1}$

(per temperature fino a 100 °C)

densità $\rho = 7850\ kg/m^3$

Sempre in sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40\ mm$		$40\ mm < t \leq 80\ mm$	
	$f_{yk}\ [N/mm^2]$	$f_{tk}\ [N/mm^2]$	$f_{yk}\ [N/mm^2]$	$f_{tk}\ [N/mm^2]$
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	420	255	410
S 355	355	510	335	470
S 460	460	560	430	560
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

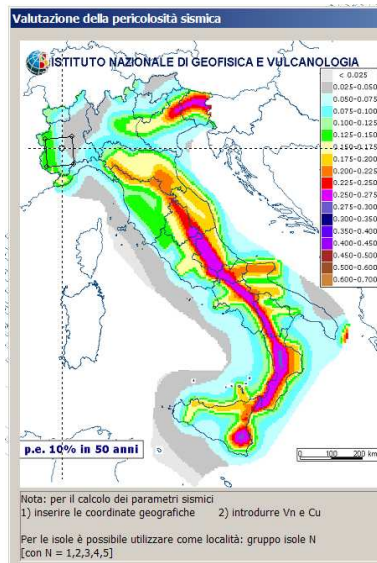
4 SISMICITA' DELLA ZONA

La Circolare PGR 27/04/2004 n° 1/DOP prevede che anche in zona 4 gli edifici classificati come di interesse strategico siano da progettare considerando le azioni sismiche. Date le caratteristiche dell'opera, nonostante Torino sia in zona 4, vanno quindi considerate forzanti di tipo sismico nei calcoli e nelle verifiche del palazzo. Ai sensi del par. 3.2 delle NTC 2008 si è proceduto alla definizione di spettri di risposta adeguati.

Innanzitutto sono state determinate le coordinate dell'area di interesse pari a $45^{\circ} 01' 29''$ lat NORD e $7^{\circ} 39' 47''$ long EST, quindi sono stati valutati i parametri a_g , F_0 e T^*_c in tali coordinate andando a fare una media pesata tra i valori riportati all'allegato B delle NTC per i valori assunti nei 4 vertici del reticolo all'interno dei quali cade il punto di interesse.



Considerando poi vita nominale (3) e classe d'uso (IV) dell'edificio si giunge ad un tempo di riferimento pari a 200 anni. Sulla base della campagna di indagini geognostiche e della caratterizzazione geotecnica del sito si può inoltre classificare il sedime fondale in categoria "C" ai sensi della Tab. 3.2.II delle NTC.



I dati di ingresso per la valutazione degli spettri per i differenti SL sono pertanto:

	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_c [s]
SLO	120	0.039	2.660	0.227
SLD	201	0.046	2.690	0.246
SLV	1898	0.080	2.870	0.290

Vertici della maglia elementare

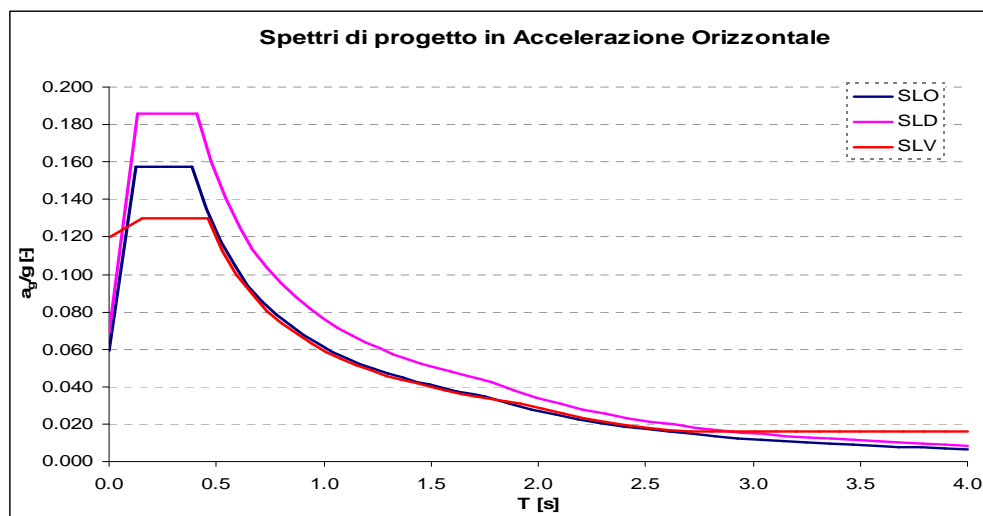
Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza [km]
14014	7.624	44.991	4.805
14015	7.694	44.995	4.059
13793	7.689	45.045	3.054
13792	7.619	45.041	3.913

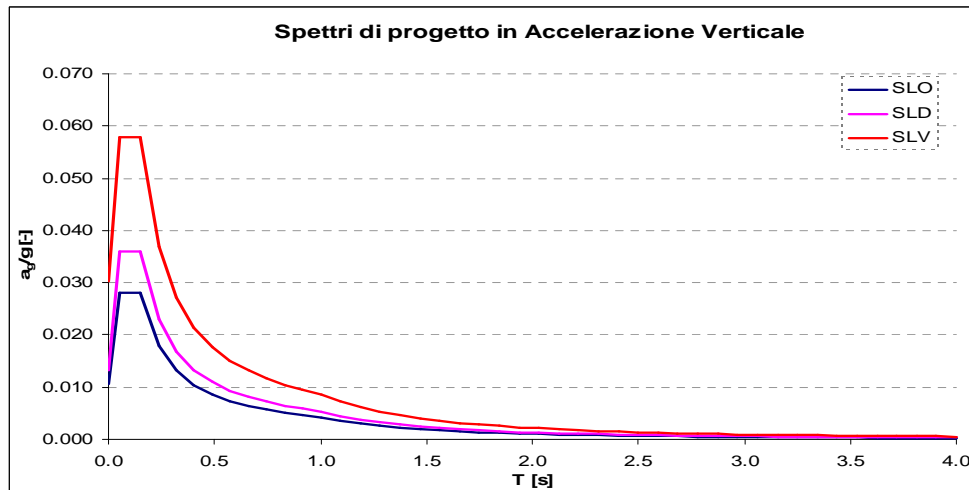
Coordinate geografiche:

Località:

Longitudine: Latitudine:

Pertanto gli spettri di risposta elastici in accelerazione per i differenti Stati Limite sono i seguenti:





Come previsto dalla norma si valuteranno gli spettri di accelerazione relative ai seguenti tre Stati Limite:

- SLO (SLE – Stato limite di operatività): assume rilevanza per le verifiche di fruibilità degli impianti;
- SLD (SLE – Stato limite di danno): assume rilevanza per le verifiche di deformabilità e resistenza dei componenti non strutturali;
- SLV (Stato limite di salvaguardia della vita): equivalente alla verifica di SLU.

Per quanto riguarda le caratteristiche rilevanti ai fini della definizione degli spettri di progetto delle opere:

- **TORRE** La struttura è stata classificata, ai fini della definizione del fattore di struttura come struttura a pareti accoppiate in classe di duttilità bassa. Date le peculiarità relative allo sviluppo in altezza ed ai lay-out di piano, è irregolare sia in pianta che in altezza. Il fattore di struttura è così definito:

$$q = q_0 \times K_R \times K_W \Rightarrow q = (3.0 \times 1.1) \times 0.8 \times 1.0 = 2.64$$

- **CENTRO SERVIZI VEDI SARTI**

- **INTERRATI (uffici e parcheggi)** La struttura è a telaio pluri-campate in bassa duttilità regolare in pianta ed in altezza. Pertanto il fattore di struttura vale:

$$q = q_0 \times K_R \Rightarrow q = (3.0 \times 1.3) \times 1.0 = 3.90$$

- **INTERRATI (archivi)** La struttura è a pareti accoppiate in bassa duttilità regolare in pianta ed in altezza. Pertanto il fattore di struttura vale:

$$q = q_0 \times K_R \times K_W \Rightarrow q = (3.0 \times 1.2) \times 1.0 \times 0.5 = 1.80$$

5 TORRE

5.1 TIPOLOGIA STRUTTURALE

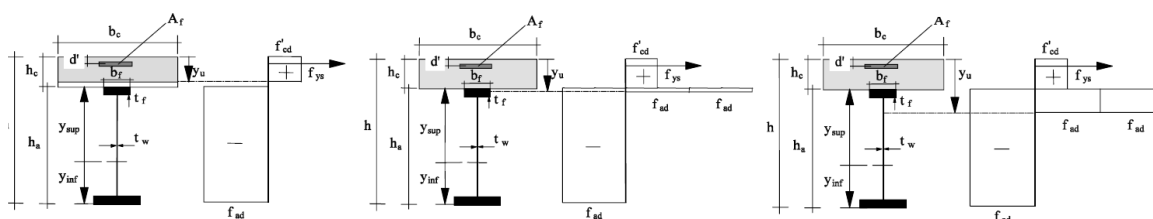
La soluzione strutturale prevista è tale da seguire la metodologia europea e statunitense per la realizzazione di torri di media altezza, ed essendo ormai più che consolidata consente di garantire ottimi risultati sia in termini realizzativi, con tempi di costruzione contenuti, sia in termini prestazionali.

La struttura principale è costituita dal nucleo centrale costituito in cemento armato ad elevate prestazioni gettato in opera mediante l'uso di casseri autorampanti: tale soluzione va ora per la maggiore dal momento che consente ottimi risultati in termini di prestazioni e di contenimento dei costi e dei tempi di realizzazione, come dimostrano gli esempi europei (Francia, Germania e Spagna in testa) e mondiali: ad esempio gli emirati Arabi di Dubai e Abu Dhabi, dove si sono raggiunte altezze notevoli in getto.

Per quanto riguarda le colonne e i solai in genere viene adottata la tecnica della struttura composta in acciaio-calcestruzzo. Tale soluzione a fronte di un risparmio importante nel peso dell'acciaio e dei pesi strutturali in genere, consente infatti uno sgravio delle azioni agenti sull'intera struttura e quindi in fondazione.

Per quanto riguarda l'utilizzazione in zona sismica, in presenza di terremoti severi, molto spesso le colonne composte si uniscono in un sistema ibrido dove si inseriscono elementi resistenti alle azioni orizzontali in calcestruzzo armato come setti o nuclei.

Ricerche sperimentali e la casistica pluriennale hanno altresì mostrato che le colonne composte hanno buone potenzialità nell'assorbimento delle azioni sismiche.



Schema del comportamento trave-soletta a stato limite ultimo

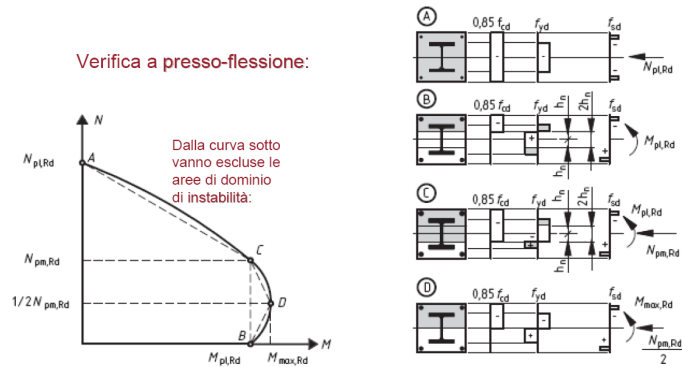
L'interesse per l'impiego in zona sismica è confermato dalle numerose realizzazioni con colonne composte e dai numerosi studi sul comportamento ciclico effettuati in Giappone e negli Stati Uniti, che sono un paesi ad alto rischio sismico.

Le colonne composte appaiono ancora più efficaci in termini di duttilità per l'elevato grado di confinamento del calcestruzzo come dimostrano recentissimi studi.

Le strutture composte acciaio calcestruzzo offrono quindi una varietà di soluzioni sia in termini

di tecnologie di realizzazione che di prestazioni strutturali.

Le colonne, in modo più o meno esaustivo, presentano un migliore comportamento strutturale rispetto ad elementi in solo acciaio e calcestruzzo, con una riduzione dei fenomeni di instabilità locale delle parti metalliche ed il confinamento del calcestruzzo.



5.2 TIPOLOGIA DEL SISTEMA DI FONDAZIONI

Aspetto fondamentale per un efficace comportamento della struttura sia in condizioni di esercizio (SLE) che in condizioni di incipiente collasso (SLU) è la progettazione del sistema fondale e la verifica dell'interazione terreno-struttura.

Il terreno sottostante la torre è costituito da un bancale di ghiaia (via via di matrice fine differente), sotto cui si estendono i limi sabbiosi.

Dopo aver vagliato soluzioni differenti (pali di grande diametro fino a 1500mm, jet-grouting profondo, appoggio diretto sul terreno non trattato, ecc...) è stato possibile scegliere la soluzione più aderente alla realtà di progetto, consentendo di ridurre i cedimenti e le distorsioni, nonché garantire anche elevate produzioni di cantiere e tempi ridotti.

La soluzione adottata per la torre è quella di una fondazione a platea di spessore 4m circa che poggerà sullo strato di ghiaia preventivamente trattato attraverso intervento colonnare (jet-grouting).

Il jet-grouting si estenderà sotto la torre e nelle zone limitrofe fino sotto la platea del Centro Congressi e dei primi giunti dei parcheggi, al fine di ridurre i cedimenti differenziali. La distribuzione delle colonne è a quinconce con interasse variabile e altezza pari a 10m in funzione della distanza dalla platea di fondazione.

5.3 MATERIALI

FONDAZIONI

Calcestruzzo C32/40

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

PILASTRI

Calcestruzzo C60/75

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

Acciaio da carpenteria S460

SETTI

Fino al 15° livello: Calcestruzzo C60/75

Oltre il 15° livello: Calcestruzzo C35/45

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

TRAVI E SOLAI

Su lamiera grecata: Calcestruzzo alleggerito LC30/33-D1,8

Zona nucleo: Calcestruzzo C30/37

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

Acciaio da carpenteria S355

5.4 ANALISI DEI CARICHI

I carichi di progetto utilizzati sono i seguenti:

Pesi propri	4.50 kN/mq
Permanenti	2.50 kN/mq
Variabili cat. B2 DM 14.01.08	3.00 kN/mq

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
	Uffici.			
B	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00	2,00	1,00
	Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni,	4,00	4,00	2,00

5.5 MODELLAZIONE AGLI ELEMENTI FINITI (FEM)

Per la Torre è stata effettuata una modellazione tridimensionale agli elementi finiti.

In prima fase sono stati definiti più modelli, del tutto simili in quanto a geometria ma con caratteristiche di rigidità differenti:

- Solai rigidi membrandalmente e fondazione incastrata rigidamente. Il modello più “rigido” tra quelli creati. Le ipotesi discendono direttamente dalle prescrizioni normative che consentono di considerare un orizzontamento come rigido nel suo piano a patto che la struttura sia in calcestruzzo armato con una soletta collaborante di almeno 4/5 cm. Quindi sono stati modellati elementi bidimensionali con l’unica funzione di ripartire i carichi tra le travi e ad ogni piano è stato assegnato un vincolo interno di tipo “diaphragm” che lega rigidamente i gradi di libertà di piano dei nodi a cui è assegnato. Per quanto riguarda i vincoli esterni in letteratura si è riscontrato che per la caratterizzazione dinamica si è soliti considerare i vincoli esterni di fondazione come vincoli rigidi;
- Solai con rigidità effettiva e vincoli esterni di incastro perfetto. Data l’eccezionalità dell’opera è stato ritenuto utile provare a confrontare il primo modello con uno in cui le rigidità di piano fossero quelle effettive, pertanto sono stati modellati degli elementi “shell” con le caratteristiche di spessore e rigidità flessionale reali;
- Solai rigidi membrandalmente e fondazione su platea su appoggi elastici. Tale soluzione va a confutare i risultati ottenuti dal primo modello. La rigidità delle molle sulle quali poggia la platea è stata tarata sul modulo di deformabilità del terreno consolidato con jet grouting in modo da avere una stima il più possibile verosimile del comportamento del terreno;
- Solai con rigidità effettiva e fondazione su platea su appoggi elastici. Quest’ultimo modello va a completare il quadro delle prove fatte e fornisce l’estremo di maggiormente flessibile nell’intervallo indagato.

Il software utilizzato in questa fase di progetto è il SAP2000 versione 11.0.8 prodotto dalla “Computers and Structures Inc.” di Berkeley California.

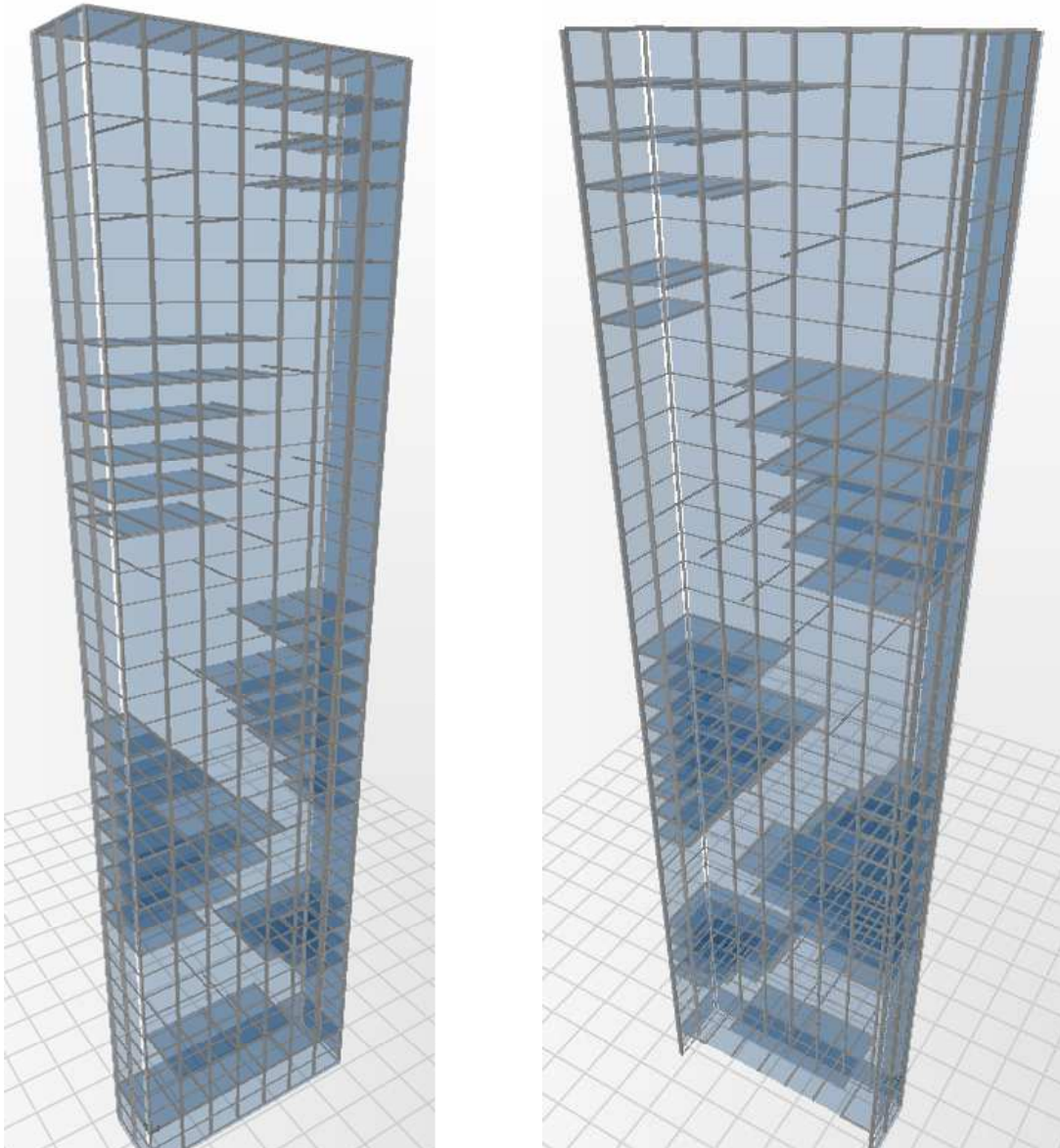
Per quanto concerne i vincoli interni, le ipotesi di collegamento trave-pilastro prevedono un collegamento ad incastro tra i pilastri e le travi, il collegamento trave-setto è del tipo a cerniera e la soletta di piano è vincolata alle travi e al nucleo, mentre i pilastri sono considerati continui.

Sul lato definito “torre bassa” la struttura assume la particolarità di avere solo una parte dei solai di piano che arrivano a contrastare gli elementi verticali portanti di facciata. Questo impone l’inserimento di elementi di contrasto (puntoni metallici) vincolati al nucleo onde evitare lo

sbandamento delle colonne in acciaio-calcestruzzo.

I solai inclinati del Vuoto sono stati modellati come graticcio di travi: infatti non sono dei veri e propri solai ma delle pareti di tamponamento collegate alle colonne e al nucleo.

Tali strutture costituiscono di fatto anche uno degli elementi controventanti la facciata del Vuoto, oltre alle colonne, alle travi orizzontali di piano e ai puntoni di contrasto delle colonne al nucleo.



Modellazione della struttura di facciata su lato "torre bassa": sono visibili il graticcio di travi costituente

i piani inclinati, il sistema costituente la facciata e i puntoni di contrasto al nucleo

5.6 ANALISI DINAMICA

Nel capitolo seguente verranno esposti i principali risultati delle analisi dinamiche eseguite.

5.6.1 Analisi Modale

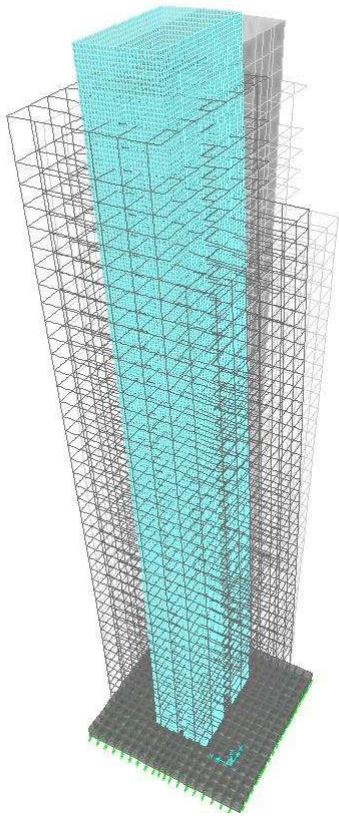
Innanzitutto è stata svolta un'analisi di tipo dinamico modale volta ad indagare le caratteristiche intrinseche del sistema. Da tale analisi sono state ricavate le frequenze proprie della struttura, utili nelle valutazioni del carico vento e del comfort ambientale in presenza di vibrazioni.

Ad ogni frequenza è associata una forma modale che descrive il modo di vibrare della struttura alla data frequenza. Nel seguito si riportano le immagini significative delle prime 6 forme modali. Per chiarezza di visualizzazione sono stati disattivati i layers relativi alle strutture di piano.

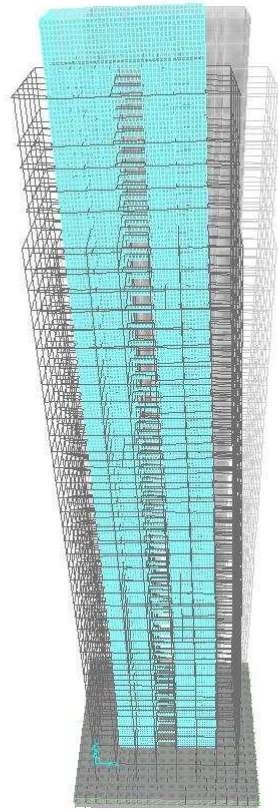
Sono stati considerati 24 modi di vibrare in modo da movimentare una percentuale di massa superiore all'85% previsto al par. 7.3.3.1 delle NTC 2008.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	4.808	0.21	0.00	0.48	0.00	0.48
MODAL	Mode	2	3.731	0.27	0.51	0.00	0.51	0.48
MODAL	Mode	3	1.773	0.56	0.00	0.00	0.51	0.48
MODAL	Mode	4	0.902	1.11	0.00	0.18	0.51	0.66
MODAL	Mode	5	0.876	1.14	0.16	0.00	0.67	0.66
MODAL	Mode	6	0.560	1.79	0.00	0.00	0.67	0.66
MODAL	Mode	7	0.549	1.82	0.00	0.00	0.67	0.66
MODAL	Mode	8	0.518	1.93	0.00	0.00	0.67	0.66
MODAL	Mode	9	0.479	2.09	0.00	0.00	0.67	0.66
MODAL	Mode	10	0.471	2.12	0.00	0.00	0.67	0.66
MODAL	Mode	11	0.398	2.51	0.00	0.00	0.67	0.66
MODAL	Mode	12	0.396	2.52	0.00	0.03	0.67	0.69
MODAL	Mode	13	0.385	2.60	0.07	0.00	0.74	0.69
MODAL	Mode	14	0.377	2.65	0.06	0.00	0.80	0.69
MODAL	Mode	15	0.372	2.69	0.00	0.07	0.80	0.76
MODAL	Mode	16	0.370	2.70	0.00	0.07	0.80	0.82
MODAL	Mode	17	0.349	2.87	0.00	0.00	0.80	0.82
MODAL	Mode	18	0.327	3.06	0.00	0.00	0.80	0.83
MODAL	Mode	19	0.310	3.23	0.00	0.00	0.80	0.83
MODAL	Mode	20	0.299	3.34	0.00	0.00	0.80	0.83
MODAL	Mode	21	0.294	3.41	0.00	0.01	0.80	0.83
MODAL	Mode	22	0.283	3.54	0.05	0.00	0.85	0.83
MODAL	Mode	23	0.275	3.63	0.13	0.00	0.98	0.83
MODAL	Mode	24	0.269	3.72	0.00	0.16	0.98	0.99

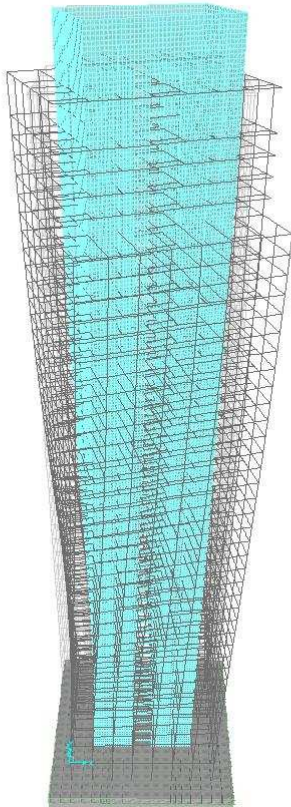
1



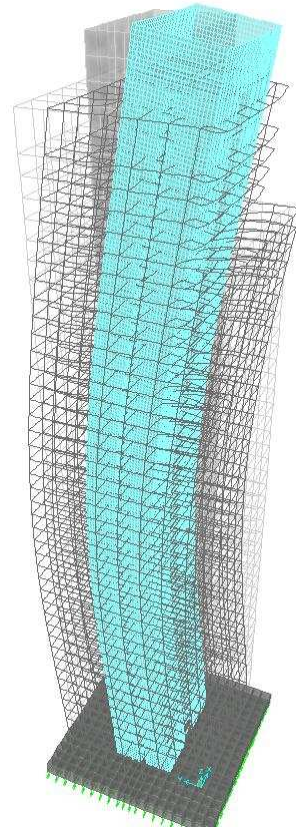
MODO 1 $f=0.208$ Hz $T=4.808$ s



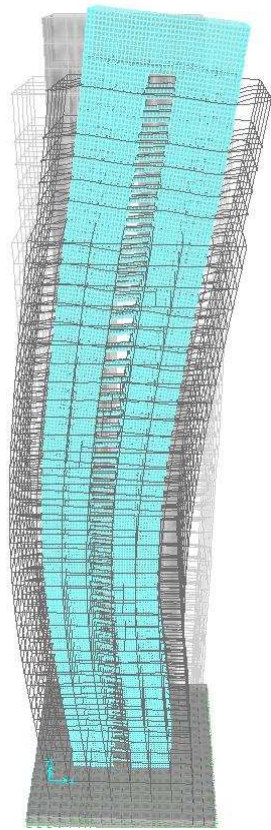
MODO 2 $f=0.268$ Hz $T=3.731$ s



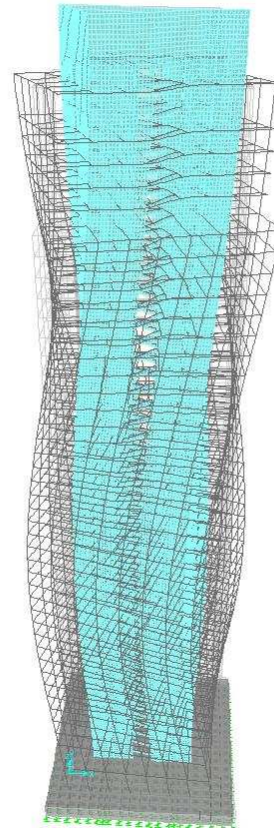
MODO 3 $f=0.564$ Hz $T=1.773$



MODO 4 $f=1.109$ Hz $T=0.902$ s



MODO 5 $f=1.142$ Hz $T=0.876$ s



MODO 6 $f=1.785$ Hz $T=0.560$ s

Come si vede dagli schemi di carpenteria riportati in premessa, la torre presenta una certa simmetria in pianta, ha forma quadrata e si sviluppa prevalentemente in altezza.

Da ciò è lecito ipotizzare che i primi due modi siano flessionali. Il terzo è invece tipicamente torsionale.

Questa considerazione è dovuta al fatto che i sistemi resistenti principali, nella fattispecie i nuclei, si sviluppano per tutta l'altezza.

E' da rilevare che, esclusi i primi due modi, la restante parte di massa viene movimentata da modi che presentano un periodo proprio molto più basso, pertanto è lecito presumere che siano solo i primi due ad avere una certa rilevanza sul comportamento dinamico indotto dal vento, in quanto gli altri modi vanno a collocarsi in una fascia in cui lo spettro tende a zero.

Per quanto concerne le verifiche degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno degli elementi non strutturali vanno rispettati delle limitazioni di spostamento di interpiano al fine di garantire la sicurezza a seguito di un'azione sismica; a favore di sicurezza si considera la limitazione più restrittiva relativa a tamponamenti collegati rigidamente alla struttura interferenti con la deformabilità della stessa:

$$(200 * d_r) / h \leq 1$$

I modelli di calcolo impiegati producono uno spostamento massimo pari a 1.93 cm (a seguito dell'azione sismica relativa allo SLD) su un interpiano di 427 cm. Ne consegue il rispetto della limitazione:

$$(200 * 1.93) / 427 = 0.90 \leq 1 \text{ Verificato!}$$

Tale verifica dovrebbe essere sviluppata, date le caratteristiche e la classificazione della struttura, sia allo SLD che allo SLO. Si è riportata la verifica esclusivamente allo SLD in quanto le calcolazioni effettuate producono spostamenti allo SLO che portano al rispetto delle limitazioni con un fattore di sicurezza maggiore (spostamenti allo SLO inferiori a 1.28 cm):

$$(300 * d_r) / h \leq 1$$

6 INTERRATI

6.1 TIPOLOGIA STRUTTURALE

La struttura principale è costituita da una maglia di pilastri e travi in cemento armato. La tipologia di solai varia da predalles ad alveolari.

Tutto il sistema fonda su travi di fondazione e plinti isolati.

6.2 MATERIALI

FONDAZIONI

Calcestruzzo C32/40

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

PILASTRI

Calcestruzzo C30/37

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

TRAVI E SOLAI

Calcestruzzo C30/37

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

6.3 ANALISI DEI CARICHI

6.3.1 Archivi su via Nizza

Primo solaio (primo interrato)

Permanenti	2.50 kN/mq
Variabili cat. E2 DM 14.01.08 (a)	12.00 kN/mq

Secondo solaio (piano terra)

Zona corselli VVF e viabilità

Permanenti	6.00 kN/mq
Variabili cat. G DM 14.01.08 (b)	20.00 kN/mq

Zona giardini e vasche

Permanenti	14.00 kN/mq
Variabili (b)	10.00 kN/mq

6.3.2 Uffici e magazzini vari maniche parallele a via Farigliano

Primo solaio (primo interrato)

Permanenti	2.50 kN/mq
Variabili cat. F DM 14.01.08 (a)	6.00 kN/mq

Secondo solaio (piano terra)

Zona corselli VVF e viabilità

Permanenti	6.00 kN/mq
Variabili (b)	20.00 kN/mq

Zona giardini e vasche

Permanenti	14.00 kN/mq
Variabili (b)	10.00 kN/mq

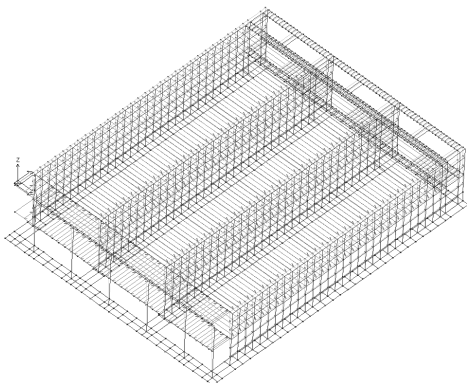
6.4 ANALISI DINAMICA

Nel capitolo seguente verranno esposti i principali risultati delle analisi dinamiche eseguite.

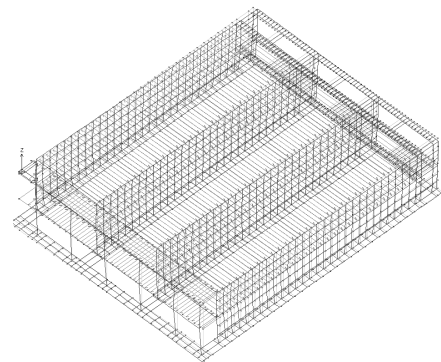
6.4.1 Analisi Modale

Ad ogni frequenza è associata una forma modale che descrive il modo di vibrare della struttura alla data frequenza. Nel seguito si riportano le immagini significative delle prime 4 forme modali.

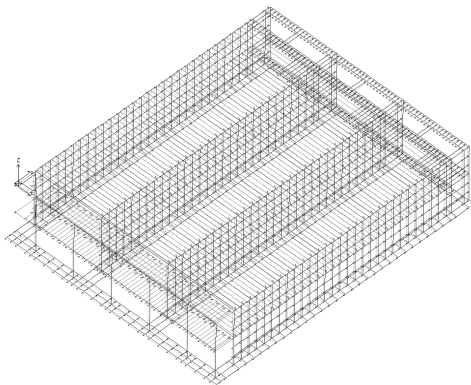
ARCHIVI SU VIA NIZZA



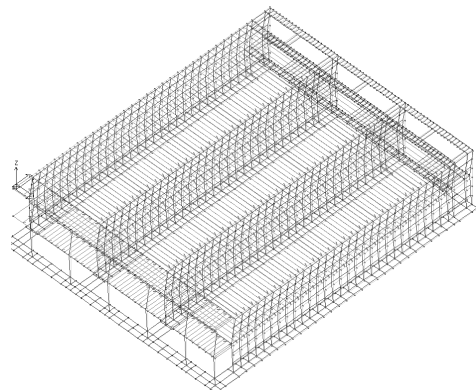
MODO 1 $f=0.90$ Hz $T=1.111$ s



MODO 2 $f=3.28$ Hz $T=0.304$ s

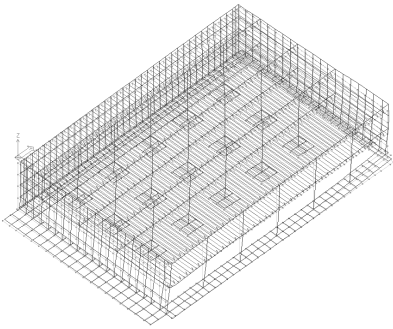


MODO 3 $f=3.93$ Hz $T=0.254$ s

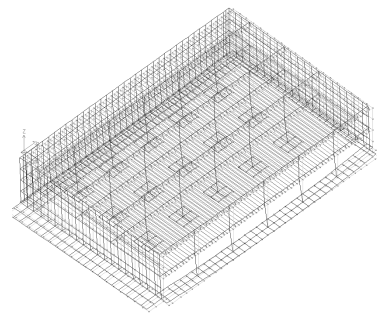


MODO 4 $f=4.04$ Hz $T=0.247$ s

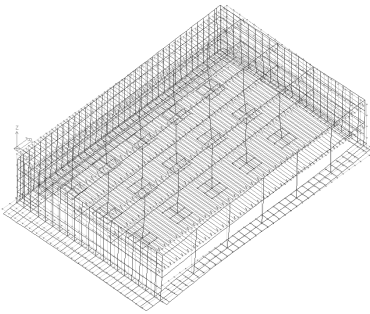
UFFICI E MAGAZZINI VARI MANICHE PARALLELE A VIA FARIGLIANO



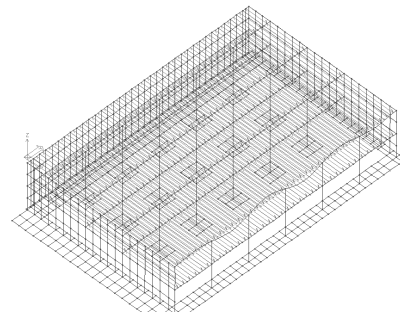
MODO 1 $f=2.71$ Hz $T=0.369$ s



MODO 2 $f=3.16$ Hz $T=0.316$ s



MODO 3 $f=4.59$ Hz $T=0.218$ s



MODO 4 $f=4.96$ Hz $T=0.202$ s

7 CENTRO CONGRESSI

7.1 TIPOLOGIA STRUTTURALE

Il **Centro Servizi** in progetto ha le seguenti caratteristiche:

- altezza dalla copertura a 21.70 m fuori terra;
- dimensioni in pianta di circa 54m x 31,5m;
- interpiano di 4,27m;
- quota ± 0.00 fissata a 233,00 m s.l.m.
- due livelli interrati alle quote -4,27m e -8,54 m

Per il Centro Servizi si sono adottate soluzioni strutturali con telai in acciaio e orizzontamenti con le zone centrali realizzate con lamiera grecata collaborante A55 Hi Bond e getto di completamento in calcestruzzo alleggerito LC30/33 D1,8 ($\gamma = 1800 \text{ kg/mc}$) di 12 cm, mentre le zone laterali sono realizzate con un getto pieno da 12 cm.

In tutti e 4 i livelli l'impalcato del solaio presenta una struttura costituita da due direttrici principali con doppie travi HEB600 S 355 ad interasse di 19.50 m e due sbalzi laterali di 5.60 m. Le sommità degli sbalzi vengono collegate mediante profili tubolari 350x100x10 S 275 posti ad interasse regolare di 1.50 m a sostegno degli infissi di facciata e per consentire i medesimi abbassamenti e la mutua collaborazione tra i vari impalcati.

Tutte le travi presentano piolatura diffusa con pioli tipo Nelson TRV $\phi 16$ passo 15 cm e altezza 10 cm; il loro utilizzo unitamente allo spessore della soletta in calcestruzzo alleggerito presente al di sopra dello spessore della lamiera grecata permette l'assunzione di sezione mista collaborante per la riduzione dei abbassamenti e sollecitazioni.

Le zone a sbalzo rispetto alle orditure principali delle travi doppie HEB 600 presentano invece una soletta piena di calcestruzzo C 25/30, nato dalla necessità di diminuire le deformazioni della campata centrale di 19.50 m e la torsione sulle doppie travi HEB 600.

Gli otto pilastri principali sono costituiti da un'anima di un profilo HD 400x744 S 355 ricoperta da una sezione in calcestruzzo di 60 x 80 cm la cui sola funzione è quella di protezione al fuoco. Visti gli importanti spessori del ricoprimento è presente un'armatura esterna di confinamento e un sistema di doppia piolatura per il trasferimento delle sollecitazioni alle parti in calcestruzzo.

Visto la connessione a livello +2 e +3 tra la Torre e il Centro Servizi costituita dalla passerella di collegamento si è deciso di realizzare una continuità strutturale dal lato del Centro Servizi mentre lato Torre n°4 punti di aggancio in cui vengono vincolati gli spostamenti perpendicolari all'asse della passerella di collegamento e quelli lungo la direzione di gravità.

All'esterno del Centro Servizio due batterie di triple scale metalliche a servizio dei tre livelli realizzate mediante profili metallici

L'asilo è costituito da due corpi di fabbrica separati per i quali si è adottata la seguente tipologia strutturale: struttura intelaiata in acciaio.

L'**Asilo per lattanti** in progetto ha le seguenti caratteristiche:

- altezza della copertura +4.00 m circa fuori terra
- dimensioni in pianta di circa 22.5m x 29 m

L'**Asilo per divezzi** in progetto ha le seguenti caratteristiche:

- altezza della copertura +4.00 m circa fuori terra
- dimensioni in pianta di circa 28.5m x 16 m

Si tratta di due strutture monopiano a telaio in cui i pilastri poggiano direttamente sul solaio di livello +0.00.

L'impalcato a sbalzo dei due asili di livello +0.00 è realizzato con travi metalliche e solaio HI-Bond A55/P600 e getto di completamento in calcestruzzo alleggerito strutturale LC30/33-D1,8 ($\gamma = 1800 \text{ kg/mc}$). Tale impalcato è completamente a sbalzo, con luci variabili da 0 a 6.4 m ed è sostenuto da pilastri pendolari retti dalla copertura e da travi a sbalzo ancorate al solaio in c.a. del piano terra.

L'impalcato di quota +4.00 è realizzato con travi metalliche e lamiera grecata tipo Deck di altezza complessiva pari a 13 cm.

I due impalcati in corrispondenza dello sbalzo sono collegati rigidamente da profili tubolari 80x30x3, aventi passo pari a 75 cm, da inserire all'interno dei montanti della vetrata.

7.2 MATERIALI

FONDAZIONI

Calcestruzzo C32/40

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

PILASTRI

Calcestruzzo C60/75

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

TRAVI E SOLAI

Su lamiera grecata: Calcestruzzo alleggerito LC30/33-D1,8

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

Acciaio da carpenteria S355

Acciaio da carpenteria S275

7.3 ANALISI DEI CARICHI

7.3.1 Centro congressi

Permanenti	2.50 kN/mq
Sovraccarichi variabili: Cat C1	3.00 kN/mq
Sovraccarichi variabili: Cat C2	4.00 kN/mq
Sovraccarichi variabili: Cat C3 e D2	5.00 kN/mq
Sovraccarichi variabili: Cat E1	6.00 kN/mq
Sovraccarichi neve: Copertura	1.35 kN/mq

7.3.2 Tunnel di collegamento

Piano calpestabile

Permanenti	3.00 kN/mq
Sovraccarichi variabili: Cat C2	4.00 kN/mq

Copertura

Permanenti	1.00 kN/mq
Sovraccarichi neve: Copertura	1.35 kN/mq

7.3.3 Asilo

Piano calpestabile

Permanenti	1.20 kN/mq
Sovraccarichi variabili: Cat C1	3.00 kN/mq

Copertura

Permanenti	1.55 kN/mq
Sovraccarichi neve: Copertura	1.35 kN/mq

7.3.4 Interrato manica centro congressi

Primo solaio (primo interrato)

Permanenti	2.50 kN/mq
Variabili cat. C3 DM 14.01.08 (c)	5.00 kN/mq

per destinazione a Fitness-Palestra

Secondo solaio (piano terra)

Zona corselli VVF e viabilità

Permanenti	6.00 kN/mq
Variabili cat. C3 DM 14.01.08 (c)	5.00 kN/mq

per destinazione ad asilo e attesa congressi

7.4 MODELLAZIONI AGLI ELEMENTI FINITI (FEM)

Per il Centro Servizi come pure per l'asilo e le scale di sicurezza esterne si sono effettuate modellazioni tridimensionali agli elementi finiti.

Si è effettuata l'implementazione dei risultati ottenuti per modelli differenti con caratterizzazione dinamica effettuata con vincoli esterni costituiti da vincoli rigidi (incastro alla base).

A seconda delle zone modellate ai vari livelli si sono assunti comportamenti membranali o rigidi (comportamento membranale per le zone della campata centrale con solaio costituito da lamiera grecata e getto di completamento con cls alleggerito e comportamento rigido per le due campate esterne realizzate mediante soletta in getto pieno da 12 cm).

7.5 ANALISI DINAMICA

Nel capitolo seguente verranno esposti i principali risultati delle analisi dinamiche eseguite.

7.5.1 Analisi Modale - centro servizi

Innanzitutto è stata svolta un'analisi di tipo dinamico modale volta ad indagare le caratteristiche intrinseche del sistema. Da tale analisi sono state ricavate le frequenze proprie della struttura, utili nelle valutazioni del carico vento e del comfort ambientale in presenza di vibrazioni.

Ad ogni frequenza è associata una forma modale che descrive il modo di vibrare della struttura alla data frequenza.

Sono stati considerati 15 modi di vibrare in modo da movimentare una percentuale di massa superiore all'85% previsto al par. 7.3.3.1 delle NTC 2008.

Modo: *Identificativo del modo di vibrare.*

Periodo: *Periodo. [s]*

Massa X: *Massa partecipante in direzione globale X. Il valore è adimensionale.*

Massa Y: *Massa partecipante in direzione globale Y. Il valore è adimensionale.*

Massa Z: *Massa partecipante in direzione globale Z. Il valore è adimensionale.*

Massa rot X: *Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale X. Il valore è adimensionale.*

Massa rot Y: Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Y. Il valore è adimensionale.

Massa rot Z: Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Z. Il valore è adimensionale.

Totale masse partecipanti:

Traslazione X: 0.99916

Traslazione Y: 0.99292

Traslazione Z: 0

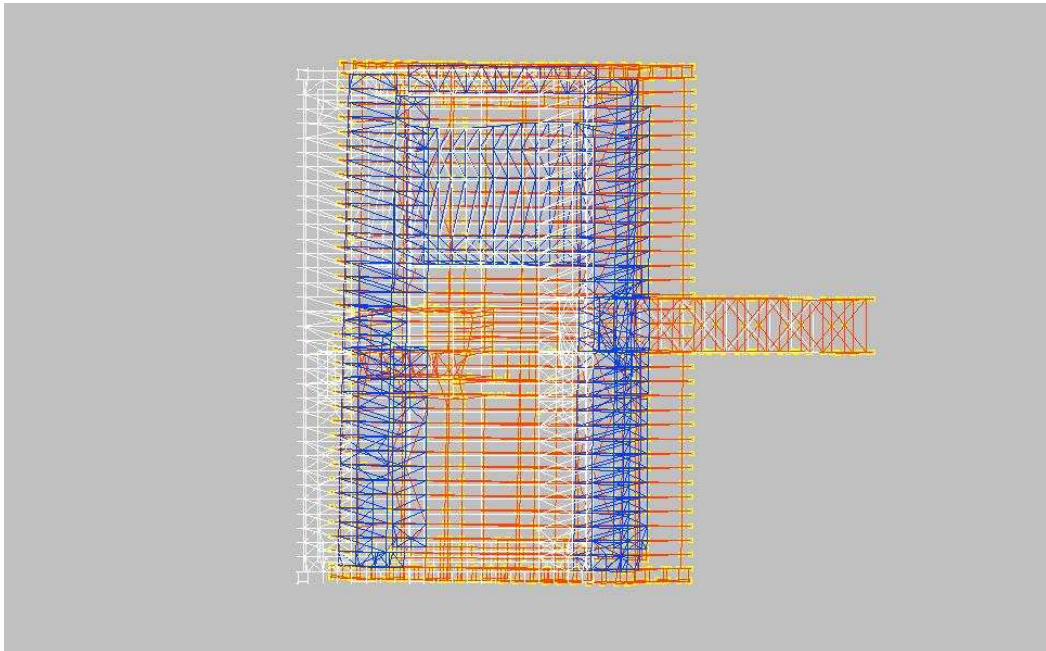
Rotazione X: 0.95676

Rotazione Y: 0.99909

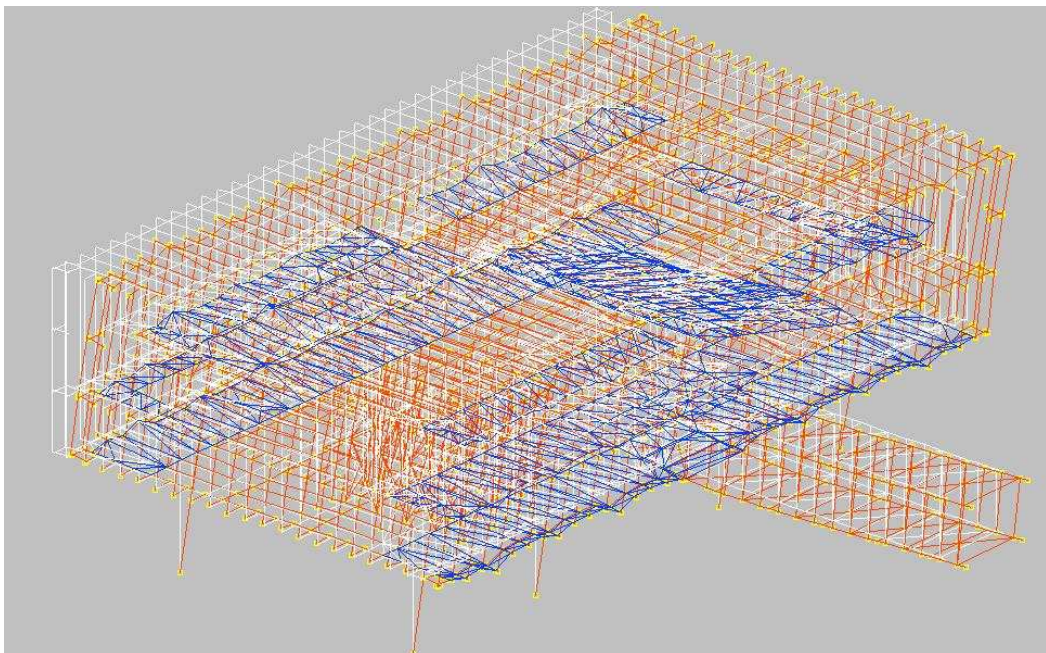
Rotazione Z: 0.97545

Modo	Periodo	Massa X	Massa Y	Massa rot X	Massa rot Y	Massa rot Z
1	1.709649	0.89352	0.00232	0.00218	0.99487	0.38688
2	1.113358	0.00139	0.64982	0.61728	0.00354	0.01855
3	0.747807	0.00442	0.31986	0.30625	0.00001	0.39557
4	0.659998	0.09186	0.00449	0.00434	0.00009	0.1253
5	0.558013	0	0.00003	0.0001	0	0.00004
6	0.429596	0.00087	0	0.00005	0.00001	0.00072
7	0.302654	0.00235	0.005	0.00147	0.00007	0.03077
8	0.289603	0.00302	0.00116	0.00006	0.00047	0.00015
9	0.172089	0.00165	0.00073	0.00036	0.00002	0.00696
10	0.155617	0.00008	0.00951	0.02467	0.00001	0.01051

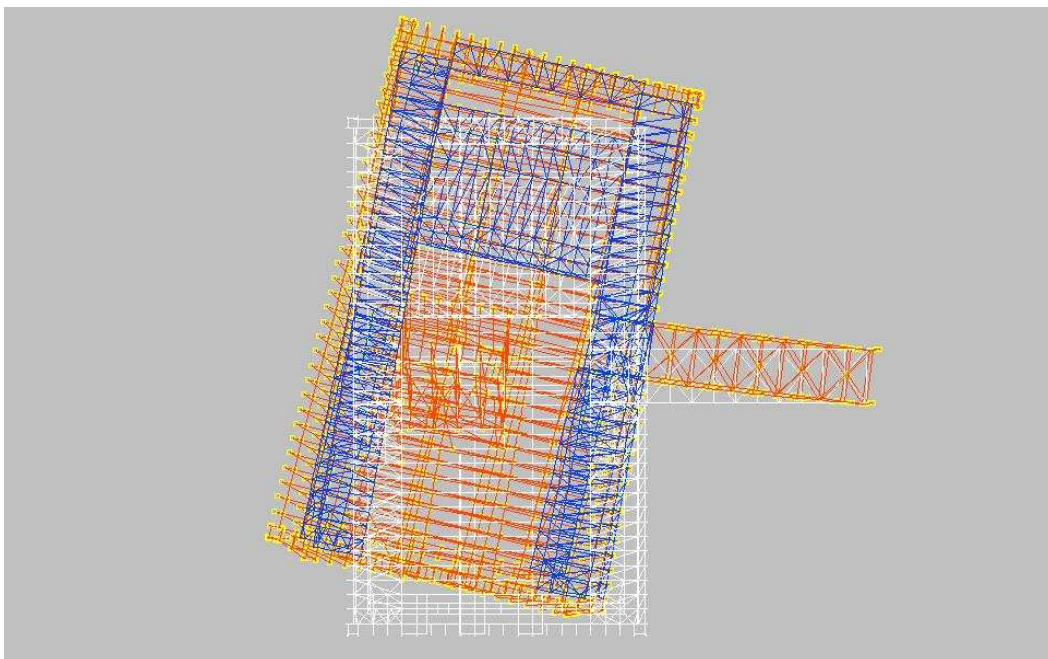
7.5.1.1.1 Risposta di spettro



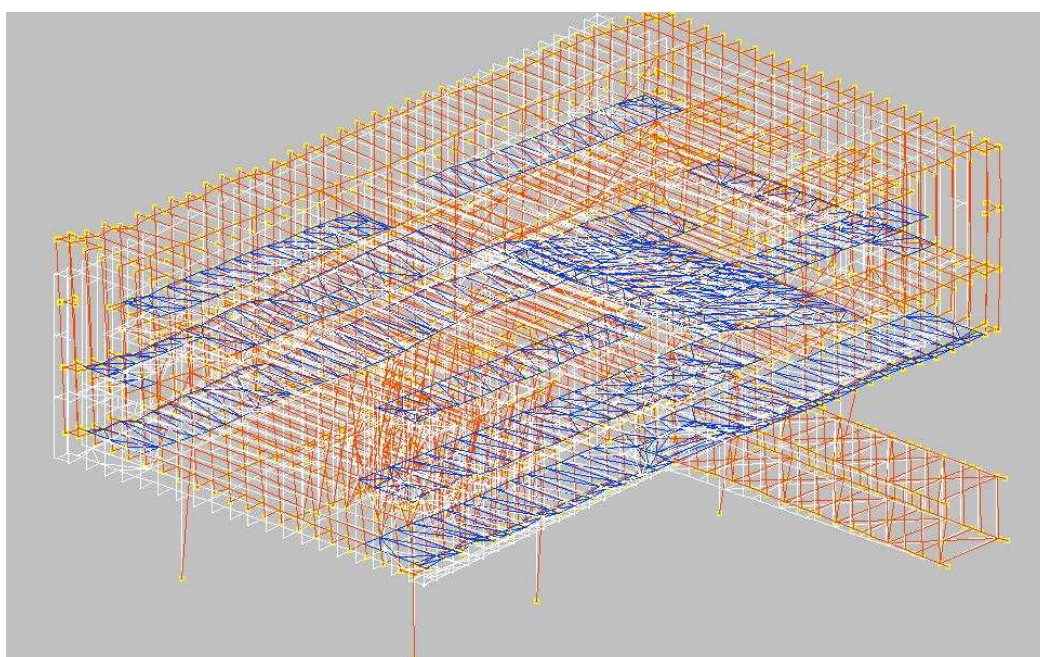
Centro Servizi – Primo modo di vibrare $f=0.585$ Hz $T=1.709$ s



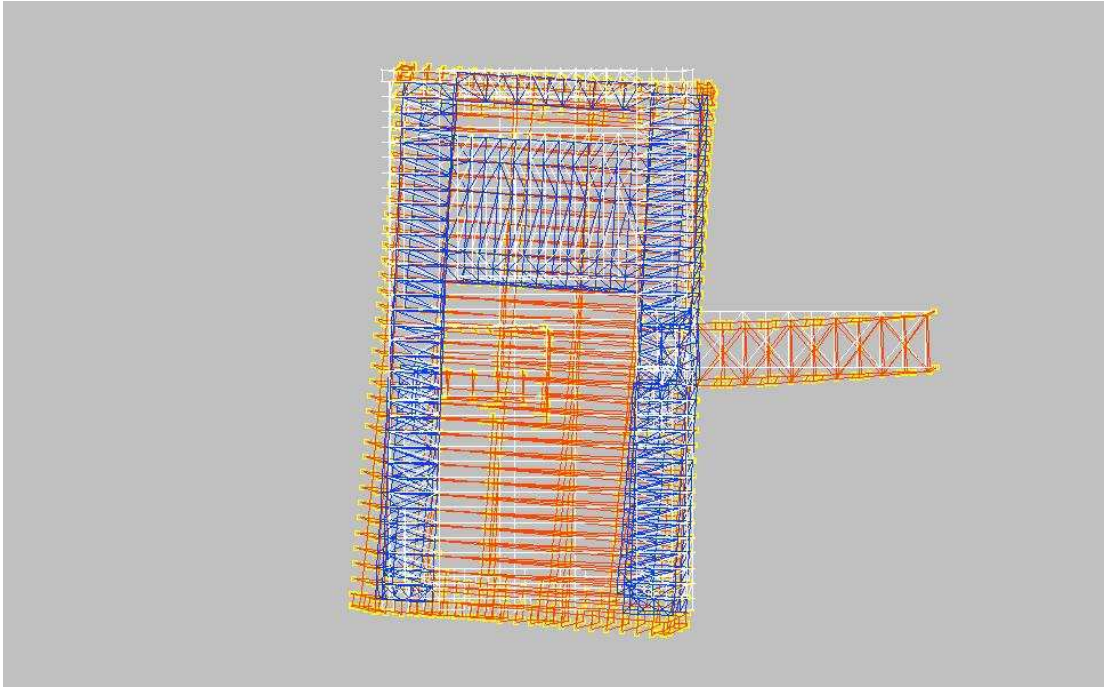
Centro Servizi – Primo modo di vibrare $f=0.585$ Hz $T=1.709$ s



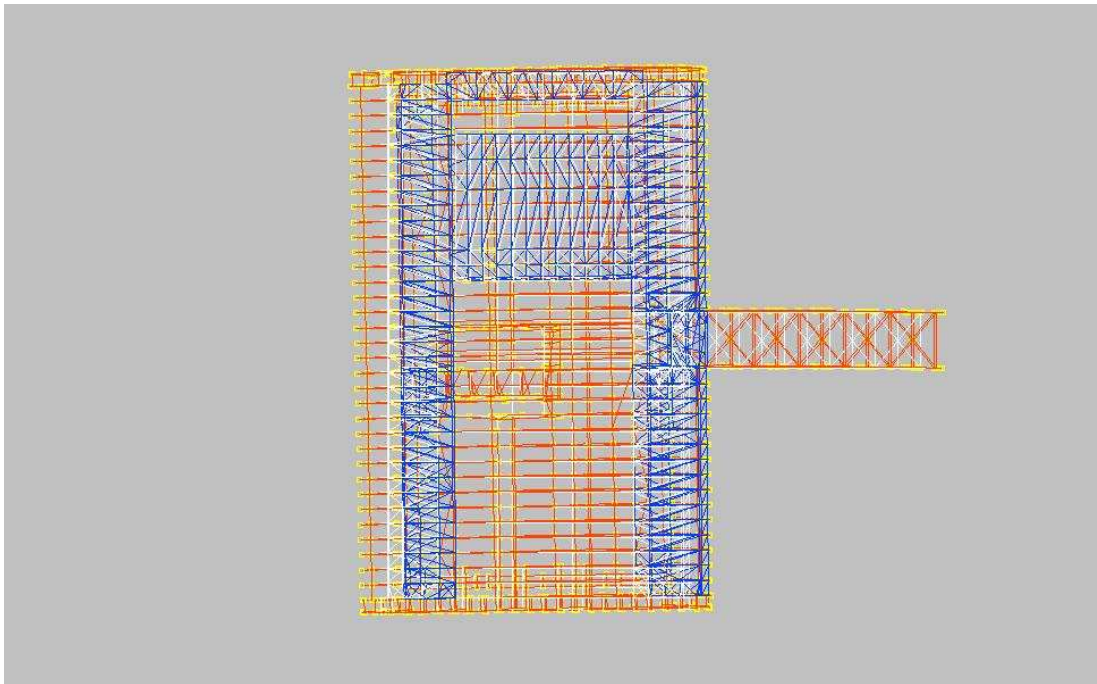
Centro Servizi – Secondo modo di vibrare $f=0.898$ Hz $T=1.113$ s



Centro Servizi – Secondo modo di vibrare $f=0.898$ Hz $T=1.113$ s



Centro Servizi – Terzo modo di vibrare $f=1.337$ Hz $T=0.747$ s



Centro Servizi – Quarto modo di vibrare $f=1.515$ Hz $T=0.659$ s

7.5.2 Analisi Modale - Asilo

7.5.2.1 Asilo per lattanti

7.5.2.1.1 Risposta modale

Modo: *Identificativo del modo di vibrare.*

Periodo: *Periodo. [s]*

Massa X: *Massa partecipante in direzione globale X. Il valore è adimensionale.*

Massa Y: *Massa partecipante in direzione globale Y. Il valore è adimensionale.*

Massa Z: *Massa partecipante in direzione globale Z. Il valore è adimensionale.*

Massa rot X: *Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale X. Il valore è adimensionale.*

Massa rot Y: *Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Y. Il valore è adimensionale.*

Massa rot Z: *Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Z. Il valore è adimensionale.*

Totale masse partecipanti:

Traslazione X: 0.86908

Traslazione Y: 0.95231

Traslazione Z: 0

Rotazione X: 0.99913

Rotazione Y: 0.99966

Rotazione Z: 0.92714

Modo	Periodo	Massa X	Massa Y	Massa Z	Massa rot X	Massa rot Y	Massa rot Z
1	0.806739	0.00428	0	0	0	0.00505	0.00034
2	0.326679	0.08267	0.13156	0	0.15493	0.0975	0.37756
3	0.27155	0.17061	0.59532	0	0.70207	0.20116	0.36088
4	0.243775	0.58193	0.08678	0	0.10248	0.68613	0.03735
5	0.178029	0.00313	0.0196	0	0.02318	0.00362	0.00476
6	0.168572	0.0003	0.00872	0	0.01019	0.00038	0.00314
7	0.114178	0.00365	0.00008	0	0.0001	0.00466	0
8	0.101827	0.00006	0.00465	0	0.00593	0.00006	0.00173
9	0.031923	0.02233	0.00016	0	0	0.00109	0.00032
10	0.02801	0.00012	0.10544	0	0.00025	0.00001	0.14106

7.5.2.1.2 Risposta di spettro

Spettro: *Condizione elementare corrispondente allo spettro.*

Fx: *Componente della forza lungo l'asse X. [daN]*

Fy: Componente della forza lungo l'asse Y. [daN]

Fz: Componente della forza lungo l'asse Z. [daN]

Mx: Componente della coppia attorno all'asse X. [daN*cm]

My: Componente della coppia attorno all'asse Y. [daN*cm]

Mz: Componente della coppia attorno all'asse Z. [daN*cm]

Max X: Massima reazione lungo l'asse X.

Valore: Valore massimo della reazione. [daN]

Angolo: Angolo d'ingresso del sisma che provoca il valore massimo della reazione. [deg]

Max Y: Massima reazione lungo l'asse Y.

Valore: Valore massimo della reazione. [daN]

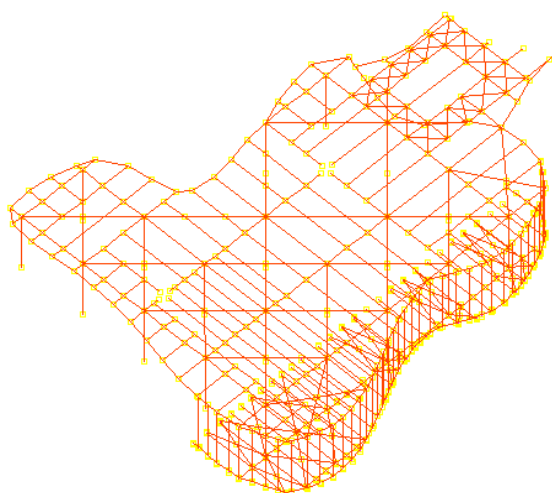
Angolo: Angolo d'ingresso del sisma che provoca il valore massimo della reazione. [deg]

Max Z: Massima reazione lungo l'asse Z.

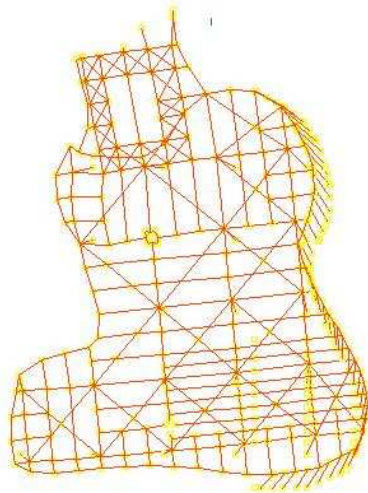
Valore: Valore massimo della reazione. [daN]

Angolo: Angolo d'ingresso del sisma che provoca il valore massimo della reazione. [deg]

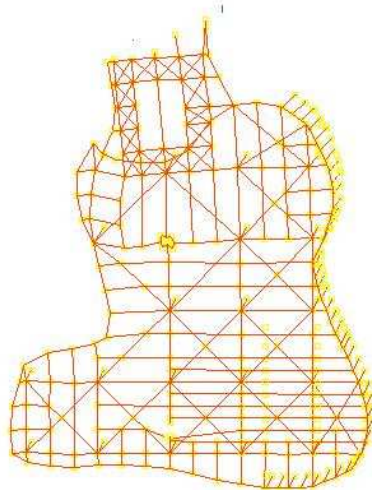
Spettro	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Max X		Max Y		Max Z	
							Valore	Angolo	Valore	Angolo	Valore	Angolo
Sisma X SLV	12722	5387.7	0	2.2E6	5.3E6	1.4E7	12739	176	12997	77	0	0
Sisma Y SLV	5387.7	12687	0	5.2E6	2.2E6	3.1E7	12739	176	12997	77	0	0
Sisma X SLD	14828	6282	0	2.6E6	6.2E6	1.6E7	14848	176	15031	76	0	0
Sisma Y SLD	6282	14659	0	6.1E6	2.6E6	3.6E7	14848	176	15031	76	0	0
Sisma X SLO	18950	8028.9	0	3.3E6	7.9E6	2.0E7	18975	176	19178	76	0	0
Sisma Y SLO	8028.9	18701	0	7.7E6	3.3E6	4.6E7	18975	176	19178	76	0	0



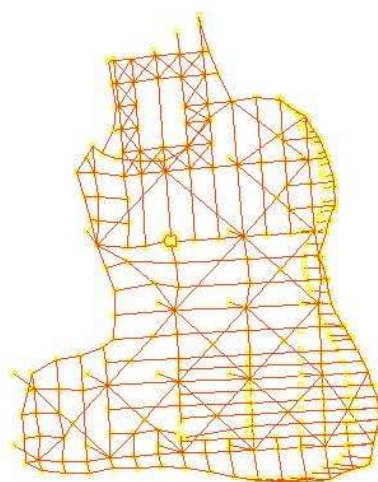
Modello generale Asilo per lattanti



I° modo di vibrare ($T=0.806$ sec , $f= 1.24$ Hz)



II° modo di vibrare ($T=0.326$ sec , $f=3.067$ Hz)



III° modo di vibrare ($T=0.271$ sec , $f= 3.69$ Hz)

7.5.2.2 Asilo per divezzi

7.5.2.2.1 Risposta modale

Modo: *Identificativo del modo di vibrare.*

Periodo: *Periodo. [s]*

Massa X: *Massa partecipante in direzione globale X. Il valore è adimensionale.*

Massa Y: *Massa partecipante in direzione globale Y. Il valore è adimensionale.*

Massa Z: *Massa partecipante in direzione globale Z. Il valore è adimensionale.*

Massa rot X: *Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale X. Il valore è adimensionale.*

Massa rot Y: *Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Y. Il valore è adimensionale.*

Massa rot Z: *Massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Z. Il valore è adimensionale.*

Totale masse partecipanti:

Traslazione X: 0.92862

Traslazione Y: 0.97933

Traslazione Z: 0

Rotazione X: 0.99941

Rotazione Y: 0.99972

Rotazione Z: 0.93052

Modo	Periodo	Massa X	Massa Y	Massa Z	Massa rot X	Massa rot Y	Massa rot Z
1	0.338843	0.04002	0.00245	0	0.00277	0.04439	0.00806
2	0.268699	0.39517	0.44465	0	0.49376	0.43854	0.20348
3	0.266472	0.42375	0.43757	0	0.48604	0.47028	0.63073
4	0.166683	0.02938	0.00018	0	0.00019	0.03273	0.02542
5	0.140744	0.00857	0.00303	0	0.00337	0.00953	0.00377
6	0.11869	0.0001	0.00815	0	0.00897	0.00011	0.00001
7	0.0932	0.00225	0.00017	0	0.00022	0.00281	0.00233
8	0.089239	0.00049	0.00311	0	0.00382	0.00057	0.00138
9	0.023279	0.01366	0.03649	0	0.00022	0.00046	0.00001
10	0.022013	0.01523	0.04353	0	0.00005	0.0003	0.05533

7.5.2.2.2 Risposta di spettro

Spettro: *Condizione elementare corrispondente allo spettro.*

Fx: *Componente della forza lungo l'asse X. [daN]*

Fy: *Componente della forza lungo l'asse Y. [daN]*

Fz: *Componente della forza lungo l'asse Z. [daN]*

Mx: Componente della coppia attorno all'asse X. [daN*cm]

My: Componente della coppia attorno all'asse Y. [daN*cm]

Mz: Componente della coppia attorno all'asse Z. [daN*cm]

Max X: Massima reazione lungo l'asse X.

Valore: Valore massimo della reazione. [daN]

Angolo: Angolo d'ingresso del sisma che provoca il valore massimo della reazione. [deg]

Max Y: Massima reazione lungo l'asse Y.

Valore: Valore massimo della reazione. [daN]

Angolo: Angolo d'ingresso del sisma che provoca il valore massimo della reazione. [deg]

Max Z: Massima reazione lungo l'asse Z.

Valore: Valore massimo della reazione. [daN]

Angolo: Angolo d'ingresso del sisma che provoca il valore massimo della reazione. [deg]

Spettro	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Max X		Max Y		Max Z	
							Valore	Angolo	Valore	Angolo	Valore	Angolo
Sisma X SLV	13677	924.74	0	362950	5.7E6	4.5E7	13677	178	14638	91	0	0
Sisma Y SLV	924.74	14637	0	6.1E6	363020	1.3E7	13677	178	14638	91	0	0
Sisma X SLD	15941	1037.8	0	423100	6.6E6	5.2E7	15941	178	17018	91	0	0
Sisma Y SLD	1037.8	17018	0	7.1E6	422860	1.5E7	15941	178	17018	91	0	0
Sisma X SLO	20372	1315.6	0	540740	8.5E6	6.7E7	20373	178	21738	91	0	0
Sisma Y SLO	1315.6	21737	0	9.0E6	540350	1.9E7	20373	178	21738	91	0	0

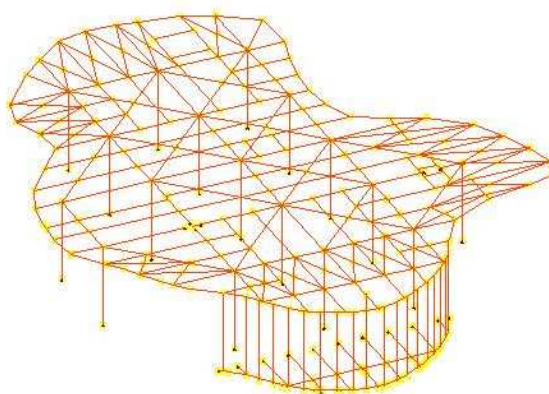
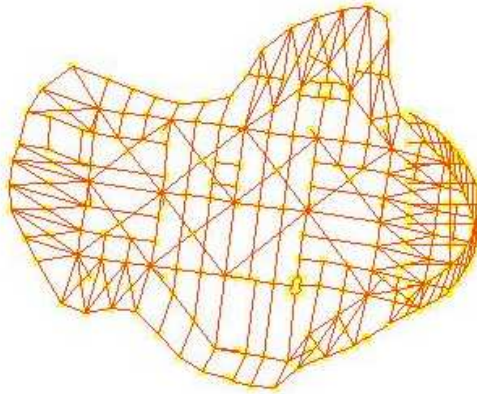
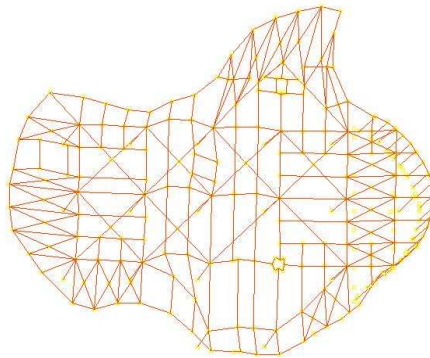


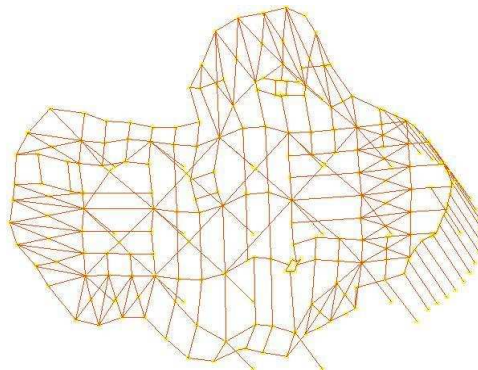
Immagine modello generale Asilo per lattanti



I° modo di vibrare ($T=0.338$ sec , $f= 2.95$ Hz)



II° modo di vibrare ($T=0.286$ sec , $f= 3.49$ Hz)



III° modo di vibrare ($T=0.266$ sec , $f= 3.76$ Hz)

8 PARCHEGGI

8.1 TIPOLOGIA STRUTTURALE

La presente struttura prevede la realizzazione di comparti a due e tre livelli: i primi due livelli interrati a quota variabile pari a circa -4,00m e -7,00m sono destinati a parcheggi pubblici, mentre il terzo livello è destinato esclusivamente alla Regione.

Gli accessi e le uscite veicolari avverranno esclusivamente sul tratto di nuova viabilità interrata che dal sottopasso del Lingotto si dirama parallelamente all'Oval, all'interno della Zona Urbana di Trasformazione, mentre gli accessi e le uscite pedonali avverranno tramite strade, scale filtrate e ascensori posizionati in più punti della piazza sovrastante i parcheggi della futura sede del Palazzo del Consiglio Regionale o di altri uffici di interesse generale della Regione. Il numero e le caratteristiche delle uscite veicolari e pedonali sono nel rispetto delle vigenti normative dei Vigili del Fuoco. La distribuzione ai vari livelli avviene mediante una strada interrata per la quale è prevista un'aerazione pari al 30% della superficie. E' stato prevista un'aerazione naturale attraverso intercapedine pari a 1/25 della superficie in pianta ed inoltre è presente un impianto di ventilazione meccanizzato nel rispetto delle normative.

L'altezza netta interna del parcheggio è di 2,70 m.

Il parcheggio è dotato di un sistema di spegnimento a sprinkler, in grado di elevare il grado di sicurezza e di permettere maggiori superfici per i compartimenti antincendio.

Gli impianti tecnologici (illuminazione, sistemi di videosorveglianza e allarme, ecc.) sono realizzati secondo le normative vigenti e gli standard richiesti dal Comune di Torino.

La gestione avverrà con sistemi automatizzati che prevedono:

- gates di ingresso e uscita;
- casse automatiche in prossimità dei vani scala di accesso e uscita;
- una centrale di gestione e sorveglianza.

Le strutture principali saranno realizzate, come usuale per opere di questo tipo, in pilastri, setti, muri controterra ed i solai saranno su soletta piena di spessore complessivo di 30cm (25+5 cm di finito) per i solai del primo e secondo livello interrato e di 50 cm per la copertura a livello della piazza.

Le nuove strutture sono in pendenza da via Nizza a salire verso l'Oval e seguono pertanto l'andamento della sistemazione superficiale esterna: la minima pendenza, di poco superiore al 1%, consente una riduzione dei volumi di scavo e la riduzione dei pesi strutturali dal momento che non sono necessari ulteriori ricariche e strati di pendenza, oltre ad agevolare la mobilità all'interno degli interrati e l'accessibilità alla nuova viabilità interrata.

Il sistema di fondazione della zona parcheggi è costituito da plinti isolati di dimensione variabile in funzione dei carichi da sopportare.

8.2 MATERIALI

FONDAZIONI

Calcestruzzo C30/37

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

PILASTRI

Calcestruzzo C30/37

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

SOLETTE, SOLAI e TRAVI

Calcestruzzo C30/37

Acciaio per getti ad aderenza migliorata B450C per getti

8.3 ANALISI DEI CARICHI

8.3.1.1 Autorimessa

Primo solaio (primo interrato)

Permanenti	2.00 kN/mq
Variabili cat. F DM 14.01.08 (a)	3.00 kN/mq

Secondo solaio (piano terra)

Zona corselli VVF e viabilità

Permanenti	6.00 kN/mq
Variabili (b)	20.00 kN/mq

Zona giardini e vasche

Permanenti	14.00 kN/mq
Variabili (b)	10.00 kN/mq

8.3.1.2 Viabilità di accesso all'autorimessa

Primo solaio (primo interrato)

Permanenti	2.00 kN/mq
Variabili (b)	3.00 kN/mq

Secondo solaio (piano terra)

Zona corselli VVF e viabilità

Permanenti	6.00 kN/mq
Variabili (b)	20.00 kg/mq

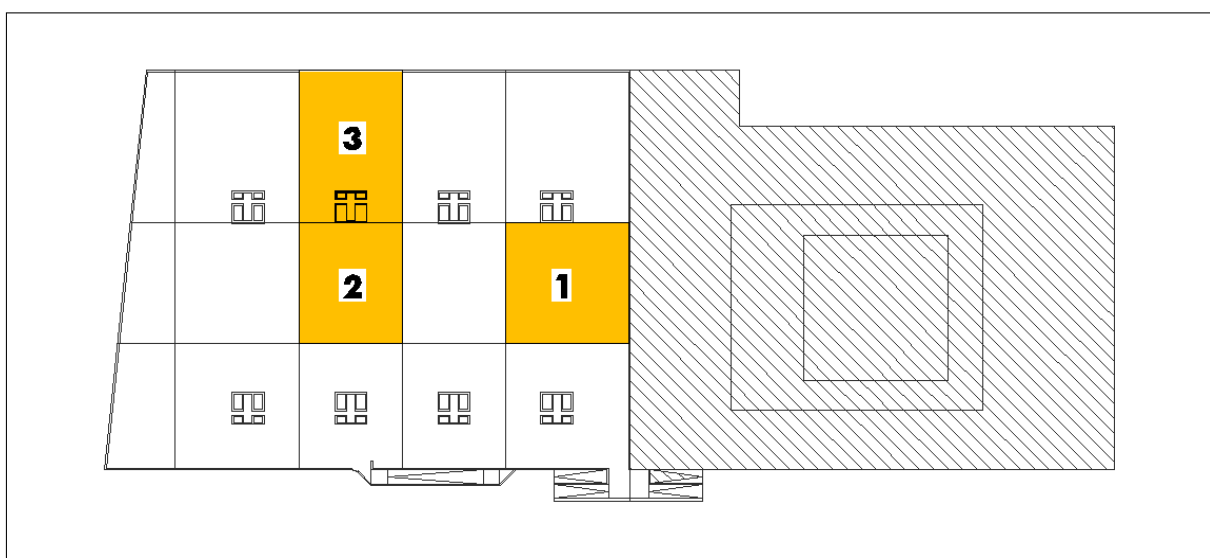
Zona giardini e vasche

Permanenti	14.00 kN/mq
Variabili (b)	10.00 kg/mq

8.4 MODELLAZIONI AGLI ELEMENTI FINITI (FEM)

Per l'autorimessa è stata effettuata una modellazione tridimensionale agli elementi finiti.

Sono state modellate porzioni di struttura delimitate dai giunti di dilatazione. Le fondazioni in comune con i blocchi adiacenti sono state modellate per la sola parte afferente al blocco in esame imponendo la congruenza sui nodi di estremità (vincolo alla rotazione). La modellazione è effettuata con il programma Straus7 vers.2.3.7 del 2005 prodotto, distribuito ed assistito dalla HSH s.r.l., con sede in Padova via Tommaseo 13. Nello specifico sono stati realizzati tre modelli diversi in grado di rappresentare in maniera esaustiva la struttura. Le zone di struttura modellate sono indicate in figura:



Key Plan

8.5 ANALISI DINAMICA

L'analisi dinamica condotta non presenta particolari difformità da quelle condotte per gli interrati.

Le frequenze modali risultano circa le stesse come è ipotizzabile date le analogie tra le tipologie.



CITTA' DI TORINO



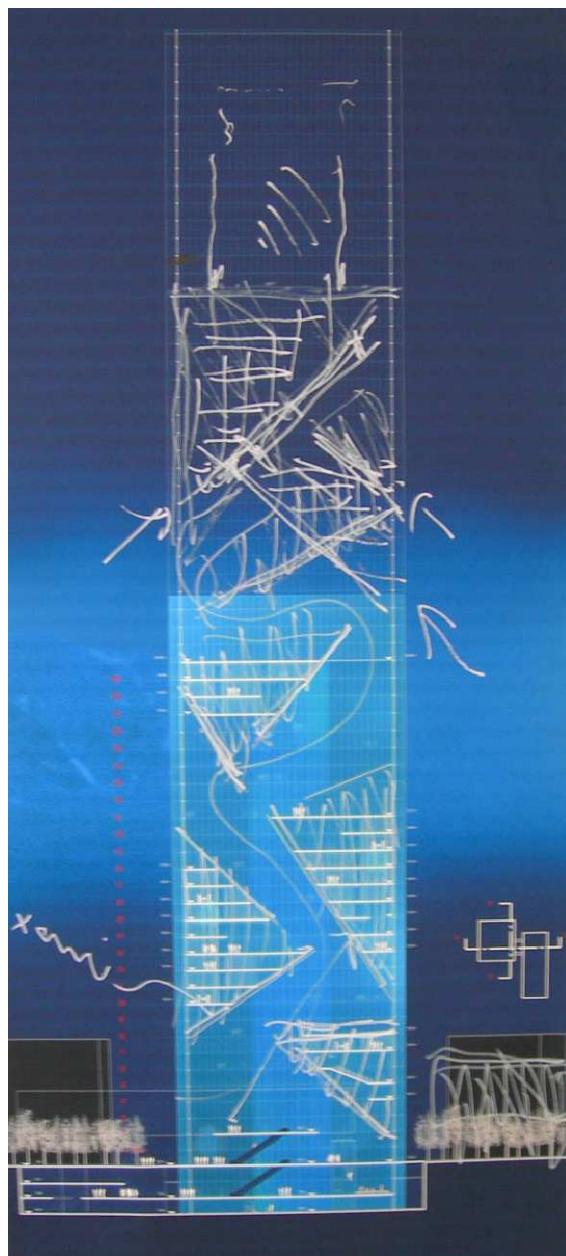
ACCORDO DI PROGRAMMA

FINALIZZATO ALL'ATTUAZIONE DI UN PROGRAMMA DI INTERVENTI CON VALENZA DI PIANO PARTICOLAREGGIATO, NELL'AMBITO DELLE AREE AVIO-OVAL, PER LA REALIZZAZIONE DEL PALAZZO DEGLI UFFICI REGIONALI, DEI NUOVI COMPARTI EDILIZI E DELLE OPERE INFRASTRUTTURALI CONNESSE

NUOVO PALAZZO PER UFFICI REGIONE PIEMONTE

PROGETTO DEFINITIVO

REVISIONE	DATA	DIS	CONTR	DESCRIZIONE
0	19/09/08	Ren	LSO	Prima emissione



ELABORATI GENERALI

CODICE GENERALE ELABORATO

CODICE OPERA	LOTTO	LIVELLO PROGETTO	AREA PROGETTAZIONE	TIPO DOCUMENTO	NUMERO ELABORATO	VERSIONE
PR	3	D	S	G	06	0

NUMERO PROGETTO

425

DIS. NUMERO

6

TITOLO

RELAZIONE GEOTECNICA

FILE

PR-3-D-S-G-06-0.dwg

SCALA

-

DATA

19 / 09 / 2008

RAGGRUPPAMENTO DI PROGETTO

MANDATARIO

M FUKSAS^D

Piazza del Monte di Pietà, 30
00186 Roma
Tel +39 06 6880 7871
Fax +39 06 6880 7872
office@fuksas.it

85, rue du Temple
F-75003 Paris
Tel +33 1 446 18389
Fax +33 1 446 18389
m.fuksas@fuksas.fr

Schleusenstrasse 17
D-60327 Frankfurt am
Tel +49 69 24005 0
Fax +49 69 24005 199
office-FFM@fuksas.de

Responsabile del procedimento Regione:

Dott.sa Maria Grazia FERRERI
Risorse Umane e Patrimonio

Co-responsabile del procedimento Regione:

Arch. Claudio FUMAGALLI
Politiche Territoriali

MANDANTI



AI Studio
Architettura, Ingegneria, Urbanistica
Via Lamarmora, 80 - 10128 Torino
E-mail posta@aiagroup.it



AI Engineering s.r.l.
Via Lamarmora, 80 - 10128 Torino
E-mail posta@aiagroup.it



Manens Intertecnica s.r.l.
Via Campofiore, 21 - 37129 Verona
E-mail manens@manens.com



Geodata S.p.A.
Corso Duca degli Abruzzi, 48/E - 10129 Torino
E-mail geodata@geodata.it

CONSULENTI SPECIALISTICI

Strutture

Studio Sarti
Via Circonvallazione Meridionale, 54 - 47900 Rimini
E-mail sarti@iper.net

Safety, Security, VVF e ASL

Proges s.r.l. - Ing. G. Amaro
Via Bigny, 15 - 10122 Torino
E-mail studioproges@gmail.com

Bonifiche ambientali e trattamento terre di scavo

Golder Associates
Via Antonio Bando, 43 - 10155 Torino
E-mail cramp@goldier.it

Procedimento di verifica della procedura di V.I.A.

Studio Mondini - Prof. Arch. Giulio Mondini
Via Pietro Egidio, 6 - 10122 Torino
E-mail giulio.mondini@potito.it

Lighting Architects

Speirs and Major Associates
Well Court Hall, Dean Village, Edinburgh EH43BE
E-mail info@samassociates.com

REGIONE PIEMONTE

**NUOVO PALAZZO PER UFFICI REGIONE PIEMONTE
LOTTO 3**

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATI GENERALI

RELAZIONE GEOTECNICA

INDICE

1	PREMESSA	1
2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE	5
3.1	Geologia e geomorfologia	5
3.2	La cementazione dei depositi quaternari	6
3.3	Unità geologiche di riferimento progettuale	6
3.3.1	Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani.....	6
3.3.2	Depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano Autoctono.....	7
3.3.3	Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene.....	7
3.4	Contesto idrogeologico	7
4	INDAGINI E PROVE GEOTECNICHE – ANALISI DEI DATI	10
4.1	Indagini pregresse	10
4.2	Indagini per il Progetto Definitivo	10
4.2.1	Sondaggio a carotaggio continuo.....	10
4.2.2	Prove geotecniche in foro.....	11
4.2.3	Prove di laboratorio	16
4.2.4	Prove cross-hole.....	17
5	UNITA' GEOTECNICHE	19
5.1	Unità 0	19
5.2	Unità 1	19
5.3	Unità 2	21
5.4	Unità 3	23
5.5	Sintesi della parametrizzazione geotecnica adottata	25
6	DEFORMABILITÀ DEI TERRENI DI FONDAZIONE	26
6.1	Caratteristiche di deformabilità unità 1 e 2	26
6.2	Caratteristiche di deformabilità unità 3	27
7	BIBLIOGRAFIA	29

ALLEGATI

ALLEGATO 1

Tavola 1: Inquadramento geografico dell'area del Progetto Definitivo.

Tavola 2: Ubicazione delle indagini geognostiche reperite ed utilizzate ai fini dell'inquadramento geologico, idrogeologico e geotecnico (certificati allegati alla "Relazione geologica ed idrogeologica").

ALLEGATO 2

Analisi dati N_{spt}

ALLEGATO 3

Analisi dati test geotecnici di laboratorio

ALLEGATO 4

Consulenza dello Studio Geotecnico Italiano (SGI): "Profilo stratigrafico e caratteristiche di deformabilità dei terreni di fondazione", settembre 2008.

1 PREMESSA

La presente Relazione Geotecnica è redatta nell'ambito del Progetto Definitivo del Nuovo Palazzo della Regione Piemonte, ad uso uffici, di cui è prevista la realizzazione nell'area industriale dismessa denominata "ex-Fiat Avio", sita nel Comune di Torino e prospiciente Via Nizza all'altezza della zona "Lingotto".

La presente relazione tratta le opere di pertinenza del Lotto 3, ovvero il Nuovo Palazzo per uffici della Regione Piemonte, il Centro Congressi ed Asilo, e la nuova sede del Consiglio Regionale.



Figura 1.1: vista aerea dell'area oggetto degli interventi di trasformazione urbana- Lotto 3.

L'opera più rilevante è rappresentata dal nuovo Palazzo della Regione (nel seguito "torre", fig. 1.2), costituita da un palazzo ad uso uffici a pianta quadrata di 45m di lato, ed alta circa 205m. La torre risulta fondata su di una piastra di fondazione a pianta quadrata di 55m di lato, e spessa 4m; è previsto il consolidamento del terreno di fondazione al di sotto della piastra di fondazione con colonne in jet grouting di 1,5m di diametro e lunghezza 10m (cfr. "planimetria fondazioni superficiali e sezioni"). Annesso alla torre è il nuovo Centro

Congressi, a pianta rettangolare di circa 54x36m, ed alto circa 26m, per il quale sono previste fondazioni dirette su plinti. In ultimo, completa il quadro delle opere del Lotto 3 la nuova sede del Consiglio Regionale, a pianta quadrata 80x80m, 5 piani fuori terra, con fondazioni dirette su plinti.

Nella presente relazione vengono riportate in premessa le informazioni relative al contesto geologico ed idrogeologico generale e successivamente fornita la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo impegnato dalle opere di fondazione, con particolare riguardo agli aspetti di deformabilità dei terreni e, dunque, ai cedimenti attesi. Sono stati quindi inquadrati il contesto stratigrafico di riferimento per l'area del Progetto, le caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti, con riferimento alla presenza del livello di falda e delle sue variazioni stagionali e successivamente analizzati gli esiti delle indagini condotte nella campagna geognostica per il Progetto Definitivo (Abrate 2007-2008) ai fini dell'identificazione delle unità geotecniche di rilevanza progettuale e relative caratteristiche geotecniche, specie di rigidità, con riferimento ai metodi interpretativi di tipo analitico adottati.

I dati utilizzati nella presente fase progettuale provengono sia da indagini pregresse (cfr. Allegato 1, Tavola 2: Progetto Definitivo della messa in sicurezza delle ex aree Fiat Avio, ricerche bibliografiche, analisi e studi effettuati presso zone limitrofe all'area, dalla consultazione degli studi geologici e idrogeologici ai sensi della Circolare P.R.G. n. 7/LAP dell'8 maggio 1996, a corredo della Variante n. 100 del P.R.G. del Comune di Torino) ed integrati dagli esiti specifici delle indagini condotte in sito (geotecniche e geofisiche) ed in laboratorio, specificatamente previste per il Progetto Definitivo delle opere in esame e condotte preliminarmente alla stesura del medesimo.

La Tavola 1 (Allegato 1) riporta inoltre l'inquadramento geografico dell'area oggetto della presente relazione, nel territorio urbano di Torino.

Si evidenzia sin da subito che la presente relazione è stata redatta avvalendosi delle specifica consulenza prestata dallo Studio Geotecnico Italiano (nel seguito SGI), il cui contributo (riportato in Allegato 4) è da intendersi qui richiamato e condiviso dalla scrivente.

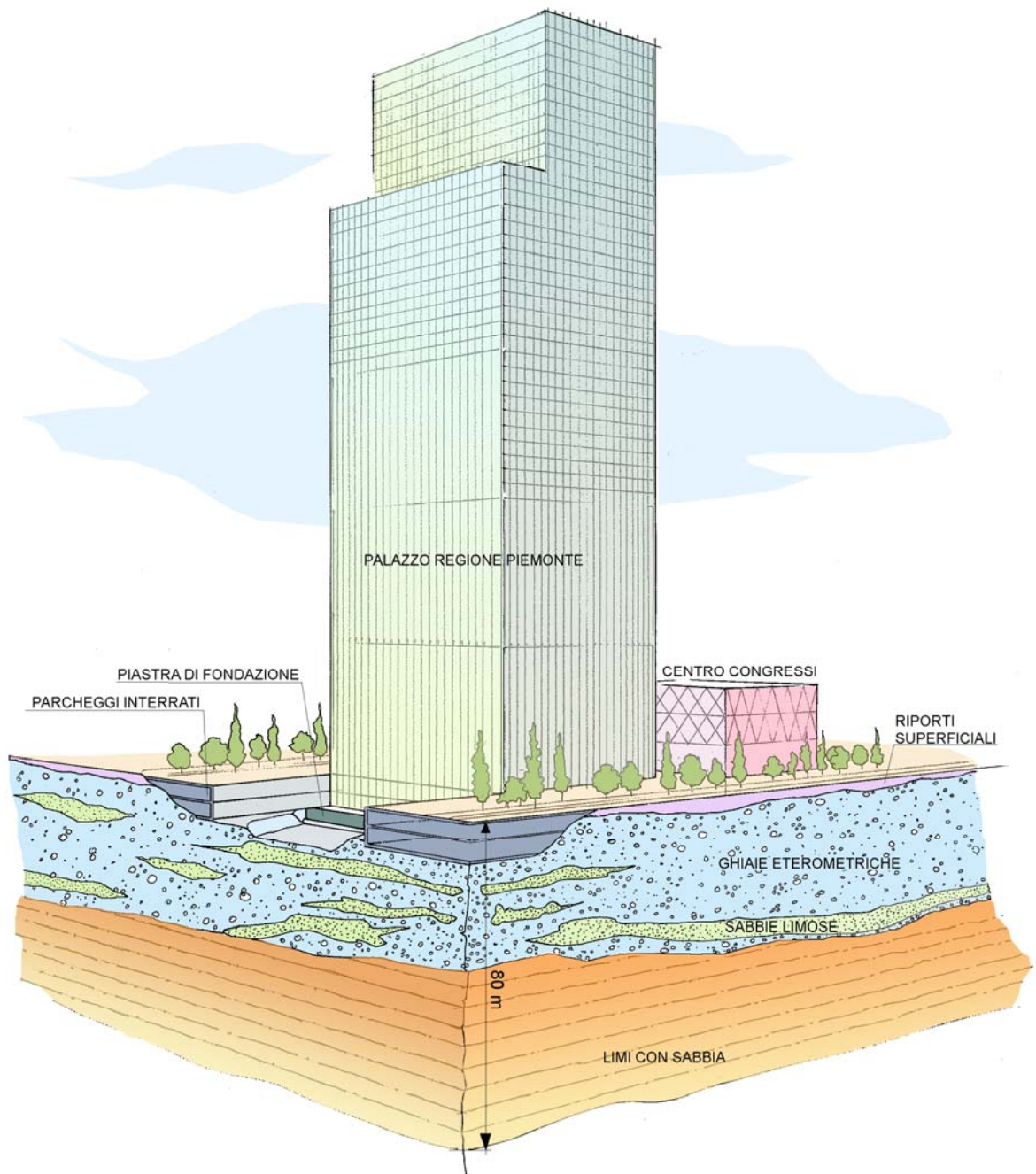


Figura 1.2: schema dell'area di intervento, con spaccato delle fondazioni e del sottosuolo.

2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Per la redazione della presente relazione sono stati considerati gli esiti della campagna di indagine di Progetto Definitivo, nonché diversi fonti relative sia a studi territoriali specifici (P.R.G. e varianti) sia a progetti di infrastrutture recentemente progettate ed in via di realizzazione nel territorio urbano torinese, oltre che documenti specificatamente realizzati nell'ambito del progetto degli interventi di bonifica dell'area di interesse. Tali fonti sono qui di seguito elencate:

- Progetto Definitivo dell'intervento di messa in sicurezza e bonifica dell'area denominata "ex-FIAT AVIO" in via Nizza, redatto dallo Studio Tedesi di Milano per il Gruppo Zunino RI Investimenti s.r.l., terminato nel marzo 2006. Sono disponibili allegate allo studio n.12 stratigrafie relative ai sondaggi geognostici eseguiti nell'ottobre 2005 (codice S56-S65 e PM12 e PM13);
- Progetto Definitivo ed Esecutivo della Linea 1 della Metropolitana, tratta Porta Nuova-Lingotto, redatto dal raggruppamento temporaneo di imprese Systra S.A., Geodata S.p.A., Metropolitana Milanese S.p.A. e Studio Quaranta per il Gruppo Torinese Trasporti (GTT) nel periodo 2004-2005;
- Stratigrafie relative ad indagini geognostiche a carotaggio continuo, eseguite in occasione del progetto e dell'esecuzione di diversi lavori nell'area immediatamente adiacente all'area oggetto della variante:
 - prolungamento del sottopasso del Lingotto al Corso Unità d'Italia (stratigrafie SOT1 e SOT2);
 - esecuzione del parcheggio interrato nell'area Lingotto (stratigrafie Spi1-Spi5);
 - lavori di sistemazione della rampa sud del centro fiere del Lingotto S.p.A. (stratigrafie S1-S5);
 - progetto di riuso dell'area Lingotto (stratigrafie SP1-SP3 e A-C).
- Elaborati di Progetto Definitivo:
 - stratigrafie sondaggi geognostici;
 - certificati indagini geotecniche in foro ed in laboratorio;
 - indagini geofisiche "Cross-hole".

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE

3.1 Geologia e geomorfologia

Il territorio comunale di Torino si estende per gran parte su un'area semi-pianeggiante costituita dagli apporti successivi delle conoidi alluvionali poste allo sbocco delle valli alpine della Dora Riparia e della Stura di Lanzo; la restante parte del territorio è costituita dai rilievi collinari posti ad est del fiume Po. L'area urbana presenta una debole pendenza procedendo da ovest verso est, passando da 260-270m s.l.m. a circa 220m s.l.m.

Le conoidi alluvionali sono costituite da depositi di origine fluvioglaciale, successivamente rimodellati, almeno nei livelli più superficiali, dai corsi d'acqua che attraversano il territorio comunale (Po, Stura di Lanzo, Dora Riparia e Sangone), (cfr. *Bonsignore, G., Bortolami, G., et al. 1969*).

I clasti costituenti i depositi fluvioglaciali sono derivati dai litotipi del bacino idrografico di alimentazione: il Massiccio Ultrabasico di Lanzo (serpentiniti, ultrabasiti) per la Stura di Lanzo ed il Complesso del Dora Maira (gneiss, quarziti), Calcescisti a Pietre Verdi, Serie dell'Ambin (micascisti, quarziti) per la Dora Riparia ed il Sangone.

Gli apporti di materiali a granulometria più fine (limi sabbiosi e/o argillosi), presenti in lenti all'interno delle ghiaie, sono attribuibili alle dinamiche deposizionali legate all'azione dei corsi d'acqua nei tratti caratterizzati da una limitata energia deposizionale.

L'assetto geologico generale ricostruito dalle numerose indagini svolte nel sottosuolo torinese, è suddiviso, per i primi 150m circa, in tre complessi litostratigrafici:

- depositi fluvioglaciali e fluviali continentali quaternari (periodo glaciale Riss): ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa, in genere sciolte, salvo che per la presenza di livelli discontinui di conglomerato;
- depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano (Sacco, 1886): limi argillosi e livelli sabbioso ghiaiosi, debolmente coesivi;
- depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene: limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie grigio azzurre con fossili, piuttosto coesivi.

I depositi fluviali e fluvioglaciali presentano, al loro interno, orizzonti e livelli ad andamento discontinuo ed a vario grado di cementazione o comunque di addensamento; i livelli a maggior cementazione (livelli conglomeratici) sono caratteristici del sottosuolo di Torino e sono noti in letteratura con il termine formazionale di "puddinghe". Il limite inferiore dei depositi fluvioglaciali Rissiani è costituito da un contatto di tipo erosionale. La potenza del secondo complesso, desunta da informazioni bibliografiche, varia molto in relazione alla zona di riferimento, da un massimo di 140m (Piazza Marmolada) a pochi metri nella zona

nord di Torino, nelle vicinanze della Stura di Lanzo. Il contatto tra la base del complesso Villafranchiano ed i depositi Pliocenici è di eteropia di facies.

3.2 La cementazione dei depositi quaternari

Il sottosuolo di Torino, nella fascia superiore costituita dai depositi fluvioglaciali quaternari (ghiaia, ciottoli e sabbie in matrice limosa) all'interno della quale si svilupperà la totalità del progetto, da un punto di vista geologico generale può essere definito relativamente semplice ed omogeneo; tuttavia, ad una scala di osservazione più ridotta, questo terreno può talora presentare variazioni rilevanti, sia lateralmente, sia lungo la profondità; sia da un punto di vista granulometrico, sia per quanto riguarda il grado di cementazione e/o addensamento.

La cementazione è dovuta alla precipitazione del carbonato di calcio e magnesio presente in soluzione sia nell'acqua di falda, sia nell'acqua di infiltrazione meteorica, per variazioni di temperatura e di pH. I carbonati presenti in soluzione provengono principalmente dalle acque della Dora Riparia, che alimenta la falda superficiale nei periodi di maggior portata. Le acque di precipitazione meteorica, infiltrandosi nel suolo, si arricchiscono di CO₂. Questa, combinandosi con l'acqua, produce acido carbonico (H₂CO₃) determinando una diminuzione del pH. Le acque, divenute quindi aggressive, riescono a portare in soluzione il carbonato di calcio e magnesio presente nei depositi. All'aumentare della profondità, il variare della temperatura rimodifica il pH e dà origine, di conseguenza, alla precipitazione dei carbonati in soluzione.

3.3 Unità geologiche di riferimento progettuale

3.3.1 Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani

I depositi di origine fluvioglaciale e fluviale formano, come detto, lo strato superficiale di vasta parte del territorio comunale di Torino. Le ghiaie, che rappresentano la frazione avente la maggior rilevanza in termini percentuali, si accompagnano a ciottoli (anche di dimensioni pluridecimetriche), sabbie medio-grossolane e livelli lentiformi limoso-argillosi. I ciottoli risultano sostanzialmente composti da quarziti, gneiss, serpentiniti e metagabbri e raramente presentano un'alterazione tale da comprometterne la struttura. La forma varia da sub-arrotondata ad arrotondata, ma sono frequenti anche ciottoli discoidali: questa forma appiattita è anche assai frequente nella ghiaia e nel ghiaietto. Le dimensioni dei ciottoli sono molto variabili, potendo raggiungere, talvolta, carattere di veri e propri trovanti (osservati sia durante i lavori del Passante Ferroviario-1° Lotto, sia nella prima tratta della Linea 1 della metropolitana). Il diametro di 10-30cm è quello maggiormente rappresentato. Sono inoltre occasionalmente presenti livelli lenticolari di ciottoli e ghiaie discoidali privi di matrice sabbioso limosa fine.

La peculiarità di questi depositi è data dalla eventuale presenza di cementazione, che varia di grado secondo profondità. La presenza di concrezioni di calcite e cemento calcareo, prevalentemente sulla parte superiore dei ciottoli può avvalorare l'interpretazione che vede la cementazione legata al fenomeno della percolazione delle acque di infiltrazione (zona non satura). Nel caso specifico, le indagini disponibili hanno confermato l'esistenza di livelli a differente grado di cementazione ancorché una ricostruzione precisa della loro estensione areale risulti difficilmente fattibile; in generale, comunque, non si riscontrano livelli ad elevata cementazione ("puddinghe") se non per spessori massimi di ordine decimetrico, irrilevanti alla scala dell'opera.

3.3.2 Depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano Autoctono

Tali depositi, sottostanti ai precedenti depositi fluvioglaciali e fluviali, sono costituiti da alternanze di sedimenti di ambiente fluviale (ghiaie e sabbie) e di ambiente lacustre-palustre (limi e argille). Nei materiali più francamente grossolani e permeabili sono contenute varie falde idriche in pressione confinate dai livelli limoso argillosi, che funzionano da setti impermeabili. I dati delle indagini eseguite lungo l'asse di via Nizza, per il progetto della linea 1 della metropolitana (tratta Porta Nuova-Lingotto-Bengasi) evidenziano che questi depositi sono presenti fino all'intersezione con corso Marconi; localmente risultano assenti come confermato dal fatto che, in corrispondenza dei sondaggi eseguiti in zona Piazza Carducci per la metropolitana, si è osservato il passaggio diretto tra i depositi fluvioglaciali ed i depositi d'ambiente marino. Relativamente all'area in esame risultano assenti.

3.3.3 Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene

I litotipi che caratterizzano questo complesso vanno dalle sabbie alle argille, con predominanza dei depositi più fini in corrispondenza della pianura torinese. Le argille, tipicamente di colore azzurrognolo, risultano alquanto siltose nella parte più alta della formazione e contengono frequentemente resti fossiliferi. I depositi argillosi, come accennato al paragrafo precedente, sono stati ritrovati nei sondaggi profondi per la Linea 1 della metropolitana a partire dall'intersezione con Corso Marconi e procedendo verso sud (direzione Lingotto) e risultano estesamente presenti al di sotto dell'impronta del Palazzo in Progetto, a profondità da p.c. pari a circa 38-40m.

3.4 Contesto idrogeologico

I recenti studi geologici ed idrogeologici generali (2000-2005) eseguiti in sede di Progetto Definitivo ed Esecutivo delle diverse tratte funzionali della Linea 1 della Metropolitana di Torino, unitamente alla ricerca di dati bibliografici estesa a tutto il territorio comunale di

Torino ed alle evidenze disponibili dalla campagna geognostica di Progetto Definitivo hanno permesso di delineare un approfondito quadro idrogeologico di riferimento. Con riferimento alla zona urbana del territorio comunale di Torino, si schematizza il seguente assetto idrogeologico:

- complesso ghiaioso-sabbioso; sede dell'acquifero libero principale, è costituito da depositi grossolani riferibili al Quaternario (ciottoli, ghiaie e sabbie in matrice sabbioso-limosa) potenti 30÷40m. Lo spessore della zona satura è variabile tra 15m e 25m. La soggiacenza della falda varia da zona a zona e si attesta mediamente sui 12m÷ 8m da p.c.;
- complesso argilloso-limoso-ghiaioso; sede di un acquifero profondo del tipo multifalda, è situato indicativamente tra 40m e 200m dal p.c., come desunto dalle informazioni provenienti da diversi pozzi profondi presenti nell'area torinese. Tale acquifero è costituito da alternanze di depositi medio grossolani (livelli di ghiaie e sabbie) costituenti livelli acquiferi in pressione, compartimentati da orizzonti fini (limi argillosi e argille limose). Tale complesso è riferibile ai depositi fluviolacustri riferibili al Villafranchiano (Auct.) del Pliocene Superiore-Pleistocene Inferiore e/o ai depositi marini del Pliocene. Relativamente all'area in esame sono stati intercettati i soli depositi limo-sabbiosi pliocenici, i quali risultano compatti, privi di lenti ghiaiose ed in tal senso incapaci di ospitare livelli acquiferi, svolgendo dunque il ruolo d'impermeabile relativo nei confronti del soprastante acquifero superficiale.

L'assetto idrogeologico sopra riportato determina la presenza di un acquifero freatico superficiale contenuto nel complesso ghiaioso-sabbioso confinato inferiormente dai depositi limoso-sabbiosi debolmente argillosi compatti del Pliocene.

In relazione alle caratteristiche di permeabilità di tali complessi si può ritenere, sulla scorta delle numerose prove di permeabilità eseguite nella campagna di Progetto Definitivo e per il progetto della linea 1 della metropolitana (circa 50 prove Lefranc e 2 prove di pompaggio a lunga durata), che il complesso ghiaioso-sabbioso superiore sia caratterizzato da una permeabilità medio-elevata, mentre i sottostanti depositi fini limosi, che costituiscono il limite impermeabile dell'acquifero freatico siano caratterizzati da un grado basso-molto basso di permeabilità. La tabella sotto riportata riassume i ranges dei valori di permeabilità evidenziati dalle prove idrauliche eseguite.

Complesso idrogeologico	Complesso ghiaioso-sabbioso	Complesso limoso-sabbioso
Permeabilità (m/s)	$1.0E^{-05} \div 3.0E^{-03}$	$5.0E^{-06} \div 1.0E^{-08}$
<i>Tabella 3.1: caratteri di permeabilità dei complessi idrogeologici</i>		

Per quanto attiene i livelli piezometrici, i dati provenienti dal monitoraggio della falda superficiale nelle verticali di indagine eseguite sia per il Progetto Definitivo, sia per il pregresso progetto della linea 1 della metropolitana hanno evidenziato che l'oscillazione della superficie di falda è limitata, nel corso dell'anno, a un valore massimo di $1\div 1,5$ m. Il massimo si colloca solitamente nella stagione invernale ma può spostarsi nei mesi primaverili in seguito a prolungati periodi di precipitazione. I dati provenienti dal monitoraggio mostrano come la falda reagisca in ritardo rispetto agli input di ricarica della precipitazione. Tale ritardo, causato dall'estensiva impermeabilizzazione del territorio urbano, si può quantificare in ca. $1\div 1,5$ mesi. Qualitativamente si può affermare che il livello di falda risente in misura maggiore dell'apporto causato da un prolungato periodo di precipitazioni rispetto a un singolo evento, pur d'elevata entità.

Ai fini della definizione di un riferimento di falda progettuale, si ritiene opportuno adottare un valore cautelativo, in termini di quote assolute, maggiorato di 2m rispetto ai valori rilevati nell'area in esame (valori febbraio 2008), da utilizzarsi di riferimento per le sole verifiche strutturali delle opere civili.

4 INDAGINI E PROVE GEOTECNICHE – ANALISI DEI DATI

4.1 Indagini pregresse

Stante l'inferiore livello di affidabilità delle indagini provenienti da altre fonti, queste sono state utilizzate ai soli fini della validazione dell'assetto litostratigrafico individuato sulla base delle indagini di Progetto Definitivo (cfr. "Relazione Geologica ed Idrogeologica").

La caratterizzazione geotecnica delle unità individuate si è avvalsa esclusivamente degli esiti della campagna di Progetto Definitivo, specificatamente progettata a tal fine.

4.2 Indagini per il Progetto Definitivo

4.2.1 Sondaggio a carotaggio continuo

I 27 sondaggi geognostici relativi al Progetto Definitivo hanno interessato l'intera area d'imposta del nuovo Palazzo della Regione, Centro Congressi ed Asilo, Consiglio Regionale e le aree destinate alla viabilità d'accesso. Il quadro riassuntivo dei sondaggi effettuati, è riportato in tabella 4.1.

Le perforazioni sono state realizzate a carotaggio continuo, con diametro di perforazione utile pari a 101mm o 131mm; la profondità è stata modulata sulla base delle opere previste, garantendo un'indagine del sottosuolo almeno pari alla profondità di rilevanza progettuale.

Le perforazioni di sondaggio hanno consentito non solo la ricostruzione del profilo stratigrafico, ma anche i test geotecnici ed il rilevamento idrogeologico; inoltre esse hanno permesso il prelievo di campioni rappresentativi per il riconoscimento dei terreni e campioni indisturbati per l'esecuzione di prove di laboratorio.

SONDAGGIO	TIPO PERFORAZIONE		PROFONDITA'	OPERA DI RIFERIMENTO	QUOTA P.C.	
	(CODICE)	(TIPOLOGIA)				(mm)
Sp1		Carotaggio continuo	131/101	30	Consiglio Regionale	234,9
Sp2		Carotaggio continuo	131/101	30	Consiglio Regionale	235,6
Sp3		Carotaggio continuo	131/101	30	Consiglio Regionale	236,1
St1		Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,8
St2		Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,8
St3		Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,8
St4		Carotaggio continuo	131/101	80	Palazzo Regione	234,0
St5		Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,0
St6		Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,7
St7		Carotaggio continuo	131/101	80	Palazzo Regione	234,7
St8		Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,7
St9		Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,0
St10		Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,0
St11		Carotaggio continuo	131/101	80	Palazzo Regione	234,6

SONDAGGIO	TIPO PERFORAZIONE		PROFONDITA'	OPERA DI RIFERIMENTO	QUOTA P.C.
	(CODICE)	(TIPOLOGIA)			
St12	Carotaggio continuo	131/101	80	Palazzo Regione	234,6
St13	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,6
St14	Carotaggio continuo	131/101	40	Centro Congressi	234,9
St15	Carotaggio continuo	131/101	40	Centro Congressi	234,9
St16	Carotaggio continuo	131/101	40	Centro Congressi	234,9
Sv1	Carotaggio continuo	131/101	30	Viabilità d'accesso	234,6
Sv2	Carotaggio continuo	101	30	Viabilità d'accesso	234,8
Sv3	Carotaggio continuo	131/101	30	Viabilità d'accesso	234,9
Sv4	Carotaggio continuo	131/101	30	Viabilità d'accesso	235,1
Sv5	Carotaggio continuo	101	20	Viabilità d'accesso	235,0
Sv6	Carotaggio continuo	131/101	20	Viabilità d'accesso	241,9
Sv8	Carotaggio continuo	131/101	30	Viabilità d'accesso	236,3
Sv9	Carotaggio continuo	131/101	30	Viabilità d'accesso	234,7

Tabella 4-1 – Sondaggi a carotaggio continuo (PD).

4.2.2 Prove geotecniche in foro

Come già anticipato, durante l'avanzamento delle perforazioni di sondaggio sono state condotte numerose prove geotecniche in foro (prove penetrometriche dinamiche SPT, Lefranc e prove pressiometriche MPM) e sono stati prelevati campioni indisturbati; inoltre sono stati installati piezometri a tubo aperto per il rilievo del regime delle acque sotterranee o in alternativa tubi in PVC per l'esecuzione di prove geofisico del tipo "cross-hole".

Si fornisce il prospetto riepilogativo in tabella 4.2; ciascuna tipologia di indagine è illustrata separatamente ai paragrafi seguenti.

SONDAGGIO	INSTALLAZIONE PIEZOMETRO	INSTALLAZIONE TUBO PVC (CROSS-HOLE)	PROVE SPT	PROVE LEFRANC	PROVE PRESS.	PRELIEVO CAMPIONI	
						Indist.	Rim.
(CODICE)	(m)	(m)	(quantità)	(quantità)	(quantità)	(quantità)	(quantità)
Sp1			4	2			2
Sp2			5	2			2
Sp3			6	2			2
St1			6	1	1	1	3
St2		X	5	1	1	1	4
St3		X	8		1	1	5
St4	X		5	1	1	1	1
St5		X	8			1	1
St6		X	5	1	1		2
St7	X		6	1	1	1	3
St8		X	8		1	1	2
St9		X	8		1	1	3

SONDAGGIO	INSTALLAZIONE PIEZOMETRO	INSTALLAZIONE TUBO PVC (CROSS-HOLE)	PROVE SPT	PROVE LEFRANC	PROVE PRESS.	PRELIEVO CAMPIONI	
						Indist.	Rim.
(CODICE)	(m)	(m)	(quantità)	(quantità)	(quantità)	(quantità)	(quantità)
St10		X	7		1	1	3
St11		X	8		1		3
St12		X	7		2		2
St13		X	8				
St14			5	2			4
St15			3	2			3
St16			6	2			2
Sv1			4	2			2
Sv2	X		4	2			2
Sv3			5	2			2
Sv4			6	2			2
Sv5			5	1			2
Sv6			5	1			2
Sv8			5				2
Sv9			5	2			2

Tabella 4-2 - Dettaglio delle prove geotecniche eseguite in foro (PD)

Livelli piezometrici

Tre sondaggi (St4, St7 e Sv2) sono stati attrezzati con piezometri a tubo aperto (fenestrato nella metà inferiore al fine di evitare commistione con eventuali circolazioni superficiali nel suolo e/o riporti). Per i restanti sondaggi il livello piezometrico è stato misurato al termine della perforazione.

Nella tabella 4.3 sono riportati i massimi livelli registrati durante la campagna di indagine.

Tenendo conto della quota topografica, il dato di soggiacenza è presentato anche in termini di quota assoluta, con riferimento al complesso idrogeologico intercettato.

SOND.	PROFONDITA' SONDAGGIO	TIPO PIEZOMETRO	QUOTA P.C.	SOGGIACENZA*	QUOTA PIEZOMETRICA	COMPLESSO IDROGEO
(CODICE)	(m)	(DESCRIZIONE)	(m s.l.m.)	(m da p.c.)	(m s.l.m.)	(DESCRIZIONE)
Sp1	30	Non installato	234,9	14,3	220,6	Ghiaioso
Sp2	30	Non installato	235,6	15,2	220,4	Ghiaioso
Sp3	30	Non installato	236,1	15,3	220,8	Ghiaioso
St1	80	Non installato	234,8	15,7	219,1	Ghiaioso
St2	80	Non installato	234,8	16,0	218,8	Ghiaioso
St3	80	Non installato	234,8	15,3	219,5	Ghiaioso
St4	80	Tubo aperto 2"	234,0	15,7	218,3	Ghiaioso
St5	80	Non installato	234,0	15,0	219,0	Ghiaioso
St6	80	Non installato	234,7	15,6	219,1	Ghiaioso
St7	80	Tubo aperto 2"	234,7	15,2	219,5	Ghiaioso
St8	80	Non installato	234,7	14,8	219,9	Ghiaioso

SOND.	PROFONDITA' SONDAGGIO	TIPO PIEZOMETRO	QUOTA P.C.	SOGGIACENZA*	QUOTA PIEZOMETRICA	COMPLESSO IDROGEO
(CODICE)	(m)	(DESCRIZIONE)	(m s.l.m.)	(m da p.c.)	(m s.l.m.)	(DESCRIZIONE)
St9	80	Non installato	234,0	15,0	219,0	Ghiaioso
St10	80	Non installato	234,0	14,9	219,1	Ghiaioso
St11	80	Non installato	234,6	15,0	219,6	Ghiaioso
St12	80	Non installato	234,6	15,0	219,6	Ghiaioso
St14	40	Non installato	234,9	16,0	218,9	Ghiaioso
St15	40	Non installato	234,9	15,2	219,7	Ghiaioso
St16	40	Non installato	234,9	15,2	219,7	Ghiaioso
Sv1	30	Non installato	234,6	14,0	220,6	Ghiaioso
Sv2	30	Tubo aperto 2" in PVC	234,8	13,5	221,3	Ghiaioso
Sv3	30	Non installato	234,9	14,5	220,4	Ghiaioso
Sv4	30	Non installato	235,1	13,6	221,5	Ghiaioso
Sv5	20	Non installato	235,0	15,4	219,6	Ghiaioso
Sv6	20	Non installato	241,9	13,5	228,4	Ghiaioso
Sv8	30	Non installato	236,3	15,5	220,8	Ghiaioso
Sv9	30	Non installato	234,7	15,8	218,9	Ghiaioso

Tabella 4-3 - Dettaglio dei livelli piezometrici misurati (PD).

*Quando non installato il piezometro, la lettura si riferisce a fine perforazione.

Prove penetrometriche dinamiche SPT

Durante l'avanzamento delle perforazioni sono state condotte sistematicamente prove SPT. Tali prove sono state realizzate secondo gli standard in vigore, misurando i colpi necessari per l'infissione del penetrometro per 3 tratti di 15cm l'uno, scartando il primo valore (N1), ed ottenendo il valore NSPT come somma dei valori corrispondenti ai restanti due tratti (N2+N3).

Si è fatto riferimento alle correlazioni esistenti in letteratura tra i risultati delle prove SPT ed i parametri caratteristici che concorrono a definire la resistenza al taglio dei terreni e le loro caratteristiche di deformabilità (esclusivamente su base empirica).

Per i depositi a prevalente comportamento attritivo si è fatto ricorso alla parametrizzazione in termini drenati, con determinazione della densità relativa, coesione, angolo di attrito (picco) e modulo elastico. Stante la natura dei terreni, ove necessario, si è proceduto in termini non drenati, con la determinazione della resistenza al taglio non drenato e relativo modulo.

Al fine di migliorare il grado di attendibilità dell'elaborazione, si è fatto ricorso a diversi approcci analitici, successivamente confrontati tra loro.

Il dettaglio delle prove SPT eseguite, e dei metodi interpretativi applicati, è riportato in Allegato 2.

Sinteticamente, la valutazione della densità relativa DR, in base alla quale viene stimato in modo indiretto l'angolo di resistenza al taglio, è stata condotta secondo quanto proposto da SKEMPTON (1986), e quindi attraverso la correlazione:

$$D_R \cong \left(\frac{N'_{SPT}}{60} \right)^{0.5}$$

valida per $DR \geq 35\%$ e per il quale occorre disporre del valore N'_{SPT} .

Il valore N'_{SPT} è il valore misurato e successivamente corretto in funzione della pressione verticale efficace del terreno e per tenere conto di un rendimento energetico delle prove pari al 60%, secondo la seguente relazione:

$$N'_{SPT} = C_{ER} \cdot C_n \cdot N_{SPT}$$

in cui è stato indicato:

- N_{SPT} = numero di colpi misurati ($N_2 + N_3$);
- C_{ER} = fattore correttivo per il rendimento energetico, che per l'attrezzatura impiegata e le profondità indagate è pari ad 1,
- C_n = fattore correttivo che normalizza il valore di N_{SPT} rispetto alla tensione efficace verticale; tale fattore è pari a:

$$C_n = (1/\sigma'_{vo})^n$$

in cui l'esponente n è pari a 0.56 e σ'_{vo} è espressa in kg/cm² (JAMIOLKOWSKI et al., 1985). Da notare che cautelativamente la correzione si è applicata alle misure eseguite alle profondità per le quali σ'_{vo} risultasse maggiore di 1bar.

Per la valutazione comparata della densità relativa, è stata inoltre applicata la formulazione di YOSHIDA et al. (1988):

$$D_R \cong 25 N_{SPT}^{0.44} \sigma'_v{}^{-0.13}$$

dove la tensione verticale efficace è espressa in kPa.

A titolo di completezza è stato inoltre applicato il modello analitico classico, di tipo grafico, di GIBBS & HOLTZ (1957).

Per la valutazione dell'angolo di attrito si è proceduto sia per via diretta che indiretta.

Nel primo caso, si è fatto riferimento alle correlazioni proposte dal Road and Bridge Specification (1), (2002), e da SHIOI e FUKUI (2) (1982) nelle quali il valore della resistenza alla penetrazione misurata, N_{SPT} , risulta correlato all'angolo di resistenza al taglio di picco tramite le rispettive relazioni:

$$\phi = (15 \cdot N_{SPT}')^{0.5} + 15 \quad (1)$$

$$\phi = 0.3 \cdot N_{SPT}' + 27 \quad (2)$$

Nel secondo caso, la stima dell'angolo di attrito è stata determinata con il modello di SCHMERTMANN (1977), in funzione della granulometria dei depositi indagati, per quanto il

metodo mostri un limite inferiore di applicabilità (sino a granulometria ascrivibili alle sabbie fini, non inferiori).

A titolo di completezza sono stati inoltre applicati i modelli analitici classici, di tipo grafico, di DE MELLO (1971) e WINKERTON & FANG (1975).

In termini non drenati, si è fatto riferimento a STROUD (1988), per la resistenza la taglio non drenata:

$$c_u = f_1 \cdot N_{60}$$

dove f_1 , nel caso in esame, è ≥ 6 .

Prove Lefranc

Durante l'avanzamento delle perforazioni dei sondaggi sono state condotte sistematiche prove di permeabilità in foro, tipo Lefranc, a carico variabile (data la scarsa permeabilità); in particolare ne sono state condotte da una a due per ogni sondaggio.

Il prospetto riepilogativo delle varie prove, con il relativo coefficiente di permeabilità determinato, è riportato in tabella 4.4.

SOND.	NUMERO PROVA	OPERA	PROF.	TIPO DI PROVA	MODALITA'	PERM. K	COMPLESSO IDROGEO.
(CODICE)	(CODICE)	(DESCRIZIONE)	(m)	(DESCRIZIONE)	(DESCRIZIONE)	(m/s)	(DESCRIZIONE)
Sv1	1	Viabilità accesso	16,50	LEFRANC	C.V.	3,52E-06	Ghiaioso
Sv1	2	Viabilità accesso	20,25	LEFRANC	C.V.	1,30E-06	Ghiaioso
Sv2	1	Viabilità accesso	10,75	LEFRANC	C.V.	1,30E-05	Ghiaioso
Sv2	2	Viabilità accesso	24,50	LEFRANC	C.V.	1,39E-06	Ghiaioso
Sv3	1	Viabilità accesso	14,50	LEFRANC	C.V.	2,57E-06	Ghiaioso
Sv3	2	Viabilità accesso	20,50	LEFRANC	C.V.	2,13E-06	Ghiaioso
Sv4	1	Viabilità accesso	11,50	LEFRANC	C.V.	1,16E-05	Ghiaioso
Sv4	2	Viabilità accesso	20,50	LEFRANC	C.V.	4,59E-06	Ghiaioso
Sv5	1	Viabilità accesso	14,35	LEFRANC	C.V.	5,07E-06	Ghiaioso
Sv6	1	Viabilità accesso	14,40	LEFRANC	C.V.	1,11E-05	Ghiaioso
Sv9	1	Viabilità accesso	7,75	LEFRANC	C.V.	2,38E-06	Ghiaioso
Sv9	2	Viabilità accesso	21,90	LEFRANC	C.V.	8,84E-06	Ghiaioso
Sp1	1	Consiglio Regionale	12,50	LEFRANC	C.V.	3,81E-06	Ghiaioso
Sp1	2	Consiglio Regionale	22,75	LEFRANC	C.V.	2,53E-06	Ghiaioso
Sp2	1	Consiglio Regionale	11,75	LEFRANC	C.V.	6,14E-06	Ghiaioso
Sp2	2	Consiglio Regionale	25,75	LEFRANC	C.V.	1,18E-06	Ghiaioso
Sp3	1	Consiglio Regionale	11,10	LEFRANC	C.V.	3,08E-06	Ghiaioso
Sp3	2	Consiglio Regionale	24,75	LEFRANC	C.V.	1,94E-06	Ghiaioso
St1	1	Palazzo Regione	10,25	LEFRANC	C.V.	2,91E-05	Ghiaioso
St2	1	Palazzo Regione	17,60	LEFRANC	C.V.	9,99E-06	Ghiaioso

SOND.	NUMERO PROVA	OPERA	PROF.	TIPO DI PROVA	MODALITA'	PERM. K	COMPLESSO IDROGEO.
(CODICE)	(CODICE)	(DESCRIZIONE)	(m)	(DESCRIZIONE)	(DESCRIZIONE)	(m/s)	(DESCRIZIONE)
St4	1	Palazzo Regione	14,00	LEFRANC	C.V.	8,01E-06	Ghiaioso
St6	1	Palazzo Regione	17,75	LEFRANC	C.V.	1,27E-05	Sabbioso
St7	1	Palazzo Regione	10,05	LEFRANC	C.V.	7,46E-06	Ghiaioso
St14	1	Palazzo Regione	12,95	LEFRANC	C.V.	1,62E-06	Ghiaioso
St14	2	Palazzo Regione	24,95	LEFRANC	C.V.	5,18E-06	Ghiaioso
St15	1	Palazzo Regione	14,10	LEFRANC	C.V.	2,02E-06	Ghiaioso
St15	2	Palazzo Regione	20,90	LEFRANC	C.V.	1,10E-05	Ghiaioso
St16	1	Palazzo Regione	12,85	LEFRANC	C.V.	5,11E-06	Ghiaioso
St16	2	Palazzo Regione	24,95	LEFRANC	C.V.	5,31E-06	Ghiaioso

Tabella 4-4 - Dettaglio delle prove Lefranc effettuate (PD).

Prove pressiometriche MPM

Il dettaglio delle prove eseguite e relativa interpretazione è riportata in tabella 4.5.

SONDAGGIO	PROVA	PROFONDITA'	G Modulo di taglio	E Modulo pressiometrico	Pressione limite	E/PI
(CODICE)	(CODICE)	(m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	-
ST1	P1	48,7	22,91	60,95	6,45	9
ST2	P4	50,8	22,19	59,02	7,05	8
ST4	P2	49	15,9	42,29	6,37	7
ST3	P6	45	17,37	46,2	6,63	7
ST6	P5	53,5	12,57	33,43	6,86	5
ST7	P3	52	19,83	52,75	7,53	7
ST8	P12	43,5	21,41	56,95	7,31	8
ST9	P9	49	18,32	48,72	7,28	7
ST10	P11	44	53,8	143,12	8,27	17
ST11	P7	52	21,76	57,87	7,34	8
ST12	P8	19	10,25	27,26	2,39	11
ST12	P10	55	20,81	55,35	6,92	8
ST13	P13	45,8	6,24	16,61	3,24	5

Tabella 4-5 - Dettaglio delle prove pressiometriche effettuate (PD).

4.2.3 Prove di laboratorio

Per ogni verticale di indagine sono stati prelevati numerosi campioni, poi avviati a laboratorio; ove possibile, è stato preferito il campionamento indisturbato con fustelle tipo Shelby.

Il riepilogo delle tipologie e quantità di prove eseguite è riportato in tabella 4.6; il dettaglio delle evidenze sperimentali è riportato in Allegato 3.

SONDAGGIO	GRANULOMETRIE		LIMITI DI ATTERBERG	PROVE TRIASSIALI			PROVE EDOMETRICHE
	Vagliatura	Aereometrie		CD	CU	UU	
(CODICE)	(quantità)	(quantità)	(quantità)	(quantità)	(quantità)	(quantità)	(quantità)
Sp1	2						
Sp2	2	2	2				
Sp3	2	1	1				
St1	4	3	3	1	1		1
St2	4	1	1		1		1
St3	4	1		1			1
St4	2	1	1	1	1		1
St5	1				1		1
St6	2						
St7	3			1			1
St8	2						1
St9	3	1			1		
St10	3	1					1
St11	3	1					
St12	2	2					
St13							
St14	4	2	3				
St15	3	1	1				
St16	2	1	2				
Sv1	2						
Sv2	2						
Sv3	2	2	2				
Sv4	2	2	2				
Sv5	2		1				
Sv6	2	2	2				
Sv8	2	1	1				
Sv9	2	2	2				

Tabella 4-6 - Dettaglio delle prove geotecniche eseguite in laboratorio (PD).

4.2.4 Prove cross-hole

All'interno dei fori di sondaggio sono state eseguite prove sismiche di tipo cross-hole: tali prove hanno interessato in particolare n°9 coppie di fori (pannelli) fino ad una profondità massima di 80m rispetto al p.c.

La sintesi delle prove eseguite è riportata in tabella 4.7 ed il dettaglio nello specifico elaborato (cfr. "Indagini geofisiche "Cross-hole").

Si evidenzia sin da subito che tali prove sono state previste per l'elaborazione dei profili di deformazione alle piccole deformazione e successiva determinazione dei profili operativi di deformabilità, ai fini del calcolo dei cedimenti indotti dalla realizzazione delle opere in oggetto.

PANNELLO INDAGATO		PROFONDITA' INDAGATA	DISTANZA
Sorgente	Ricevitore		
(CODICE)	(CODICE)	(m)	(m)
St3	St2	66,0	16,8
St3	St5	80,0	14,8
St8	St5	80,0	18,4
St8	St13	80,0	11,0
St10	St12	80,0	13,4
St10	St13	80,0	14,3
St11	St6	75,0	16,5
St11	St9	79,0	11,5
St12	St9	80,0	13,6

Tabella 4-7 - Dettaglio delle prove sismiche cross-hole eseguite (PD).

5 UNITA' GEOTECNICHE

A seguire sono descritte le unità geotecniche di riferimento progettuale e riportate le principali peculiarità fisico-meccaniche e di resistenza meccanica delle stesse. L'analisi fornita nel seguito, come anticipato, è stata elaborata sulla base delle risultanze della campagna di indagini geognostiche e geofisiche per il Progetto Definitivo (Abrate, 2007-2008). Il riepilogo dei dati sperimentali e la relativa elaborazione è riportata in allegato (2 e 3).

5.1 Unità 0

Si tratta di riporti antropici superficiali, costituiti prevalentemente da ghiaia e ciottoli con scarsa matrice, a luoghi maggiormente sabbiosi. Occasionalmente si rinvencono porzioni di solette in calcestruzzo da attribuirsi a fabbricati in luogo precedentemente demoliti.

La potenza dell'unità risulta variabile tra 0,5-4m.

L'unità verrà interessata in modo completo dallo scavo di ribassamento per la realizzazione dei piani di posa e, pertanto, non risulta progettualmente rilevante ai fini geotecnici.



Figura 5.1: unità 0 al sondaggio ST13 (Profondità compresa tra 0-5m).

5.2 Unità 1

Si tratta dell'unità principale del sottosuolo di Torino, e si rinviene sistematicamente da piano campagna sino ad una profondità di circa 40m. E' costituita da ghiaie eterometriche (diametro massimo 8-10cm) in matrice sabbioso-limosa, con occasionali ciottoli. La porzione sommitale dell'unità, per i primi 15-18m da piano campagna, presenta al riconoscimento

visivo diffusi fenomeni di debole cementazione; ciò nonostante le prove geotecniche condotte non hanno evidenziato per tale profondità una significativa correlazione tra le caratteristiche di resistenza e deformabilità meccanica ed il livello di cementazione. Per contro, sia le prove SPT, sia la campagna geofisica di tipo “Cross-Hole” evidenzia un incremento significativo di dette caratteristiche oltre i 20m di profondità, da ascriversi con tutta probabilità ad un maggior addensamento dell’unità e/o comunque ad una differente età deposizionale. Il comportamento geotecnico è prettamente incoerente.

A luoghi si rivengono livelletti conglomeratici competenti, di spessore inferiore ad 1m, non rilevanti ai fini progettuali.

L’unità ingloba a luoghi lenti di sabbie di potenza metrica (Unità geotecnica 2, descritta successivamente).

Per quanto concerne **l’unità 1** si riportano a seguire le caratteristiche granulometriche e plastiche determinate in laboratorio.

Figura 5.2: unità 1 al sondaggio ST5 (Profondità compresa 10-15m).



Tabella 5-1 – Frazioni granulometriche unità 1.

	GRANULOMETRIA		
	Min	Media	Max
Ciottoli	6,69	21,81	56,81
Ghiaia e sabbia grossolana	0,56	54,29	79,31
Sabbia media	4,18	14,96	50,73
Sabbia fine	2,76	10,62	22,13
Limo	10,97	20,35	28,82
Argilla	0,37	2,91	5,52
Fini completi	2,76	17,54	39,72

Tabella 5-2 – Caratteristiche plastiche della matrice.

	LIMITI ATTERBERG		
	Min	Media	Max
LL(%)	17,60	20,15	25,00
LP(%)	14,18	15,85	18,29
IP(%)	1,71	4,87	10,82

A seguire è riportata la carta di Casagrande (1948), dalla quale si evidenziano le caratteristiche della matrice fine (argille inorganiche di bassa plasticità).

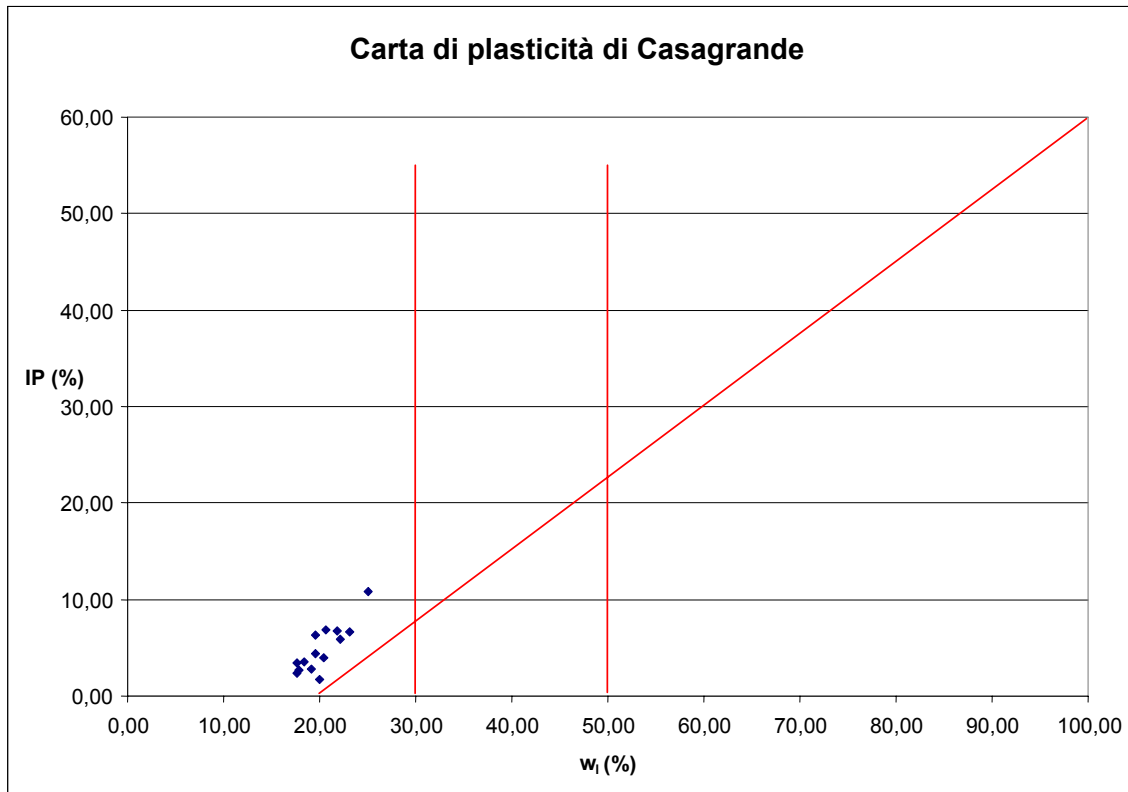


Figura 5.3: classificazione di Casagrande per la matrice fine dell'unità 1.

La parametrizzazione geotecnica che consegue a quanto sopra esposto, e sulla base delle evidenze riportate in allegato 2 e 3, è riportata schematicamente in tab. 5.7 (cfr. 5.5). Per l'unità in esame è stato assunto un modello costitutivo del terreno del tipo "hardening soil" (cfr. "Analisi numerica per la valutazione dei cedimenti").

5.3 Unità 2

E' rappresentata da livelli sabbiosi inglobati in seno all'unità geotecnica 1, di potenza variabile da circa 1m a circa 4,5m. Geometricamente, si riviene una prima lente, più superficiale e ben delimitata, nell'intorno di 15m di profondità, ed una serie di lenti più profonde, raccolte nella fascia di profondità 25-35m, di geometria più incerta.

Si tratta nel complesso di sabbie medio-fini limose, occasionalmente passanti a luoghi a limi sabbiosi (specie per il livello più superficiale), a tratti debolmente cementate, con inglobato ghiaietto specie nelle lenti più profonde. A titolo cautelativo si è assunto un comportamento

prevalentemente incoerente. A seguire sono riportate le caratteristiche granulometriche e di plasticità dell'unità, così come la carta di Casagrande.

Figura 5.4: unità 2 al sondaggio ST13 (profondità compresa tra 15-20m).



Tabella 5-3 – frazioni granulometriche unità 2.

Tabella 5-4 – caratteristiche plastiche unità 2.

	GRANULOMETRIA		
	Min	Media	Max
Ciottoli	0,00	0,00	0,00
Ghiaia e sabbia grossolana	0,32	7,59	28,87
Sabbia media	12,91	35,00	59,11
Sabbia fine	16,36	27,97	51,29
Limo	18,73	32,44	40,14
Argilla	2,40	3,57	6,77
Fini completi	9,08	32,94	46,91

	LIMITI ATTERBERG		
	Min	Media	Max
LL(%)	13,60	17,76	21,00
LP(%)	0,00	0,00	0,00
IP(%)	1,96	3,86	6,55

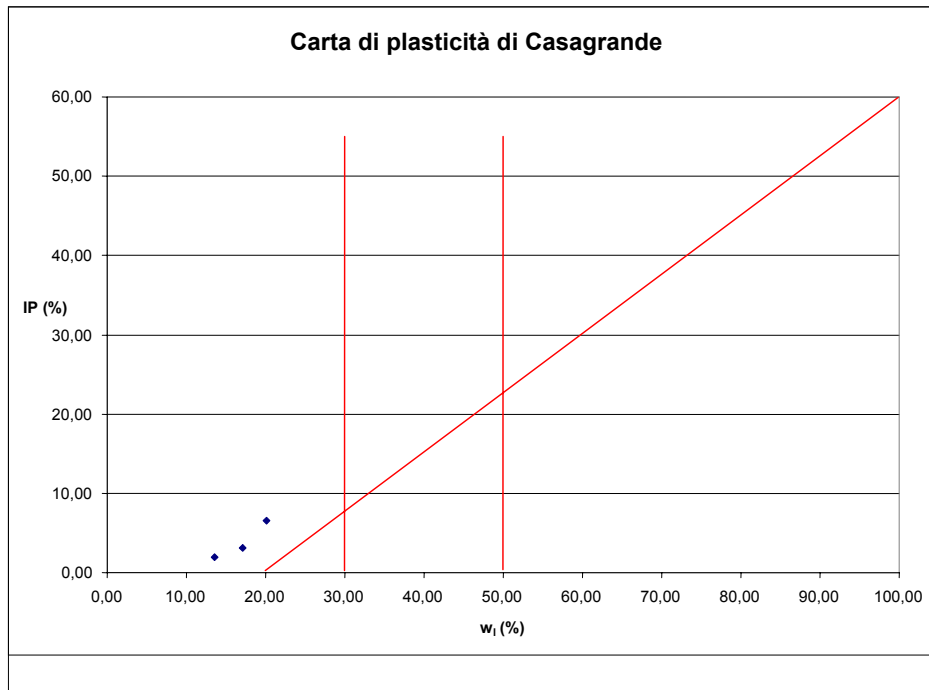


Figura 5.5: classificazione di Casagrande per l'unità 2.

La parametrizzazione geotecnica che consegue a quanto sopra esposto, e sulla base delle evidenze riportate in allegato 2 e 3, è riportata schematicamente in tab. 5.7 (cfr. 5.5). Per l'unità in esame è stato assunto un modello costitutivo del terreno del tipo "hardening soil" (cfr. "Analisi numerica per la valutazione dei cedimenti").

5.4 Unità 3

Si tratta del substrato di riferimento, costituito da limi con sabbia fine, debolmente plastici e fortemente addensato; a luoghi si rivengono livelli centimetrici organici. Il comportamento è del tipo limite, tra incoerenti a bassa permeabilità e prettamente coesivi (Nocella et al., 2006). Nel seguito si è assunto un comportamento del tipo coesivo, con l'adozione di un modello costitutivo del terreno tipo "Clam Clay" (cfr. "Analisi numerica per la valutazione dei cedimenti").

L'unità si rinviene sistematicamente al di sotto dei depositi dell'unità 1 e 2 a profondità da p.c. comprese tra 35m e 40m.

A seguire sono riportate le caratteristiche granulometriche e di plasticità dell'unità, così come la carta di Casagrande.

Figura 5.6: unità 3 al sondaggio ST9 (profondità compresa tra 55-60m).



Tabella 5-5 – Frazioni granulometriche unità 3.

	GRANULOMETRIA		
	Min	Media	Max
Ciottoli	0,00	0,00	0,00
Ghiaia e sabbia grossolana	0,00	3,83	14,37
Sabbia media	0,00	2,07	7,43
Sabbia fine	23,24	33,72	43,64
Limo	38,73	55,69	73,72
Argilla	2,41	5,97	10,73
Fini completi	45,26	61,66	76,13

Tabella 5-6 – Caratteristiche plastiche unità 3.

	LIMITI ATTERBERG		
	Min	Media	Max
LL(%)	26,00	27,03	28,40
LP(%)	19,25	20,62	21,98
IP(%)	4,22	5,95	6,75

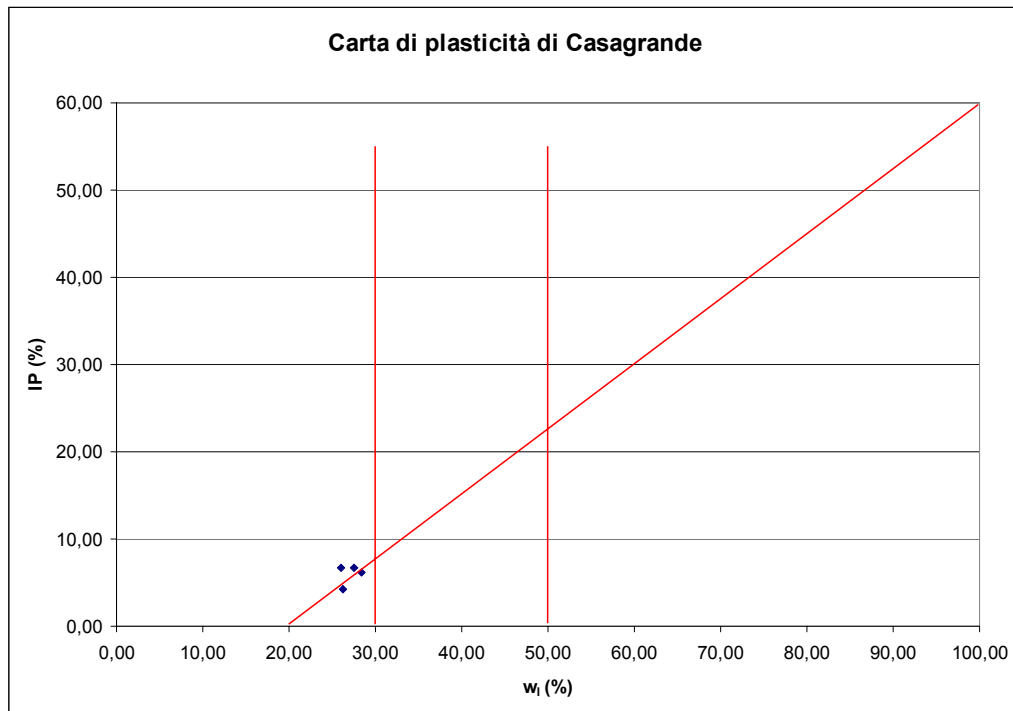


Figura 5.7: classificazione di Casagrande per l'unità 3.

La parametrizzazione geotecnica che consegue a quanto sopra esposto, e sulla base delle evidenze riportate in allegato 2 e 3, è riportata schematicamente in tab. 5.7 (cfr. 5.5).

5.5 Sintesi della parametrizzazione geotecnica adottata

Sulla base di quanto prima illustrato, nella tabella a seguire sono sintetizzati i parametri operativi di calcolo assunti per le verifiche geotecniche (cfr. "Analisi numerica per la valutazione dei cedimenti"); per le caratteristiche di deformabilità si faccia riferimento al paragrafo successivo.

Tabella 5-7 – Sintesi della caratterizzazione geotecnica.

Unità e descrizione		γ [kN/m ³]	ν [-]	C'	Φ'	da m	a m
1	– Riporto sabbioso	19	0,25	0	35	0	3
2	– Ghiaia e sabbia	19	0,25	0	37	3	13,5
2a	– Sabbia	19	0,25	0	37	13,5	18
2 (p)	– Ghiaia e Sabbia	19	0,25	0	37	18	31,5
2b	– Sabbia	19	0,25	0	37	31,5	35,5
2 (p)	– Ghiaia e Sabbia	19	0,25	0	37	35,5	38,5
6	– Limi sabbiosi	19	0,25	25-35	26-30	>38,5	

6 DEFORMABILITÀ DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Considerando le opere comprese nel lotto in esame, è evidente come le tematiche geotecniche più rilevanti afferiscano alla torre principale in progetto.

Stanti le dimensioni della fondazione (platea di fondazione 55m x 55m, di 4m di spessore), la natura e le caratteristiche dei terreni di fondazione, nonché l'entità dei carichi applicati al terreno (circa 500kPa al di sotto della platea), non sussistono problemi di capacità portante; l'attenzione è dunque stata posta in particolare sulla stima delle caratteristiche di rigidità dei terreni, che condizionano direttamente la valutazione dei cedimenti indotti.

Considerando le evidenze geognostiche disponibili, la caratterizzazione delle caratteristiche elastiche dei terreni incoerenti (unità geotecniche 1 e 2) è stata condotta prevalentemente sulla base degli esiti delle prove Cross-Hole; per la caratterizzazione dell'unità geotecnica 3, a comportamento coesivo, è stata sviluppata un'analisi critica dei risultati derivanti dalle prove Cross-hole, pressiometriche ed edometriche.

Il dettaglio dell'analisi, riportato in Allegato 4, è sintetizzato a seguire.

6.1 Caratteristiche di deformabilità unità 1 e 2

Il modulo di Young a piccole deformazioni (E_0), riferito allo stato tensionale efficace geostatico, è valutabile, sulla base dei profili di velocità delle onde di taglio V_s misurate con le prove Cross-Hole (Allegato 4, fig. 5-1, pag. 28), mediante la seguente espressione:

$$E_0 = 2 \cdot (1 + \nu) \cdot \left(\frac{\gamma_t}{9,81} \cdot V_s^2 \right)$$

dove γ_t è il peso di volume naturale e ν il modulo di Poisson.

I valori ottenuti sono riportati in Allegato 4, fig. 5-2 (pag.29), ove sono stati inoltre riportati i valori ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT in accordo alla correlazione empirica proposta da Ohta & Goto (1978). Si apprezza una buona correlazione tra le due differenti serie dati, in particolare sino a circa 15m di profondità, oltre la quale i valori ottenuti dalle prove SPT tendono a collocarsi sul limite inferiore del range di oscillazione dei valori ottenuti dalle prove Cross-Hole. Stante la riconosciuta affidabilità delle prove sismiche per la determinazione di tale parametro, tali evidenze portano a far supporre che i materiali testati non siano mai stati sottoposti a pressioni verticali efficaci significativamente superiori a quelle attuali.

Poiché i valori E_0 così ottenuti non possono essere utilizzati direttamente per il calcolo dei cedimenti immediati delle fondazioni in oggetto, in ragione della non linearità del

comportamento dei terreni, si è proceduto alla correzione di tali valori a fronte dei seguenti aspetti:

- dipendenza del modulo dalla pressione efficace media di sconfinamento;
- dipendenza del modulo dal livello di deformazione indotto;
- dipendenza del modulo dal percorso di sollecitazione (distinzione dei valori di modulo di “primo carico” da quelli associabili a percorsi del tipo “scarico-carico”).

Il primo aspetto è stato tenuto in conto normalizzando i valori di E_0 rispetto alla pressione efficace media corrente; per il secondo aspetto si è fatto riferimento a procedure iterative del tipo descritte in Berardi (1999); il terzo aspetto è stato affrontato adottando un coefficiente moltiplicativo non inferiore a 2.

L'esito di tale elaborazione ha condotto alla definizione dei profili operativi di modulo di deformabilità, di primo carico e di scarico-carico (Allegato 4, figure 5-3 5-4, pagg. 30-31), poi adottati per le valutazioni numeriche dei cedimenti indotti dalla torre.

6.2 Caratteristiche di deformabilità unità 3

Per l'unità 3 si è dapprima applicata la procedura di analisi già esposta per le unità 1 e 2, valevole per gli esiti delle prove Cross-Hole.

Successivamente sono stati elaborati i valori di modulo derivanti dalle prove edometriche, i quali sono apparsi da subito sottostimati, con tutta probabilità in ragione del disturbo indotto dal campionamento (ciò è apprezzabile dal fatto che le deformazioni misurate nella fase di ricomprensione sino alla tensione verticale efficace risultano molto elevate). Per porvi rimedio le curve edometriche sono state corrette in accordo alla procedura suggerita da Schmertmann (1953): i risultati così ottenuti sono stati plottati per confronto con gli esiti dell'interpretazione delle prove Cross-Hole, e dei valori di modulo ottenuti dalle prove pressiometriche (Allegato 4, figure 5-14 e 5-15, pagg. 41-42): per quanto riguarda il modulo di primo carico si apprezza una buona correlazione tra i moduli pressiometrici ed i valori edometrici corretti secondo la procedura citata.

Stante gli esiti finali, si ritiene che i valori edometrici non corretti tendano a sottostimare i valori effettivi di modulo, così come al contrario le prove Cross-Hole manifestino una tendenza alla sovrastima piuttosto marcata in tali terreni. Senza dubbio occorre tenere anche conto dei livelli di deformazione indotti nelle tre differenti prove, evidentemente non comparabili.

Per quanto esposto si è ritenuto opportuno prendere come riferimento i moduli derivanti dalle prove pressiometriche, assumendo come valori operativi quelli relativi al limite superiore del relativo range di oscillazione.

Schematizzando il sottosuolo come segue, si sintetizzano i valori operativi di modulo adottati per le verifiche numeriche sviluppate.

MODULI DI PRIMO CARICO (E_{PR})							
Unità		Prof [m]		Spessore [m]	Range del modulo elastico [MPa]	Legge di variazione con z del modulo elastico [MPa]	Moduli di calcolo FLAC3D
0	Riporto	234,0	231,0	3,0	15	15	15
1a	Ghiaie	231,0	220,5	10,5	100÷200	$200-(100/10.5) \times (z-220.5)$	150
2a	Sabbie	220,5	216,0	4,5	175÷200	$200-(25/4.5) \times (z-216.0)$	185
1b	Ghiaie	216,0	202,5	13,5	550÷650	$650-(100/13.5) \times (z-202.5)$	550
2b	Sabbie	202,5	198,5	4,0	375÷400	$400-(25/4) \times (z-198.5)$	375
1c	Ghiaie	198,5	195,5	3,0	700÷725	$725-(25/3) \times (z-195.5)$	700
3	Limi	195,5	-	>50	80	80	80

MODULI DI SCARICO-RICARICO (E_{UR})							
Unità		Prof [m]		Spessore [m]	Range del modulo elastico [MPa]	Legge di variazione con z del modulo elastico [MPa]	Moduli di calcolo FLAC3D
0	Riporto	234,0	231,0	3,0	15	15	15
1a	Ghiaie	231,0	220,5	10,5	200÷400	$400-(200/10.5) \times (z-220.5)$	300
2a	Sabbie	220,5	216,0	4,5	350÷400	$400-(50/4.5) \times (z-216.0)$	370
1b	Ghiaie	216,0	202,5	13,5	1100÷1300	$1300-(200/13.5) \times (z-202.5)$	1100
2b	Sabbie	202,5	198,5	4,0	750÷800	$800-(50/4) \times (z-198.5)$	750
1c	Ghiaie	198,5	195,5	3,0	1400÷1450	$1450-(50/3) \times (z-195.5)$	1400
3	Limi	195,5	-	>50	200	200	200

[*] Per le unità esclusa la 3, il modulo di scarico/ricarico è stato definito previa applicazione di un coefficiente moltiplicativo pari a 2 ai moduli di primo carico.

7 BIBLIOGRAFIA

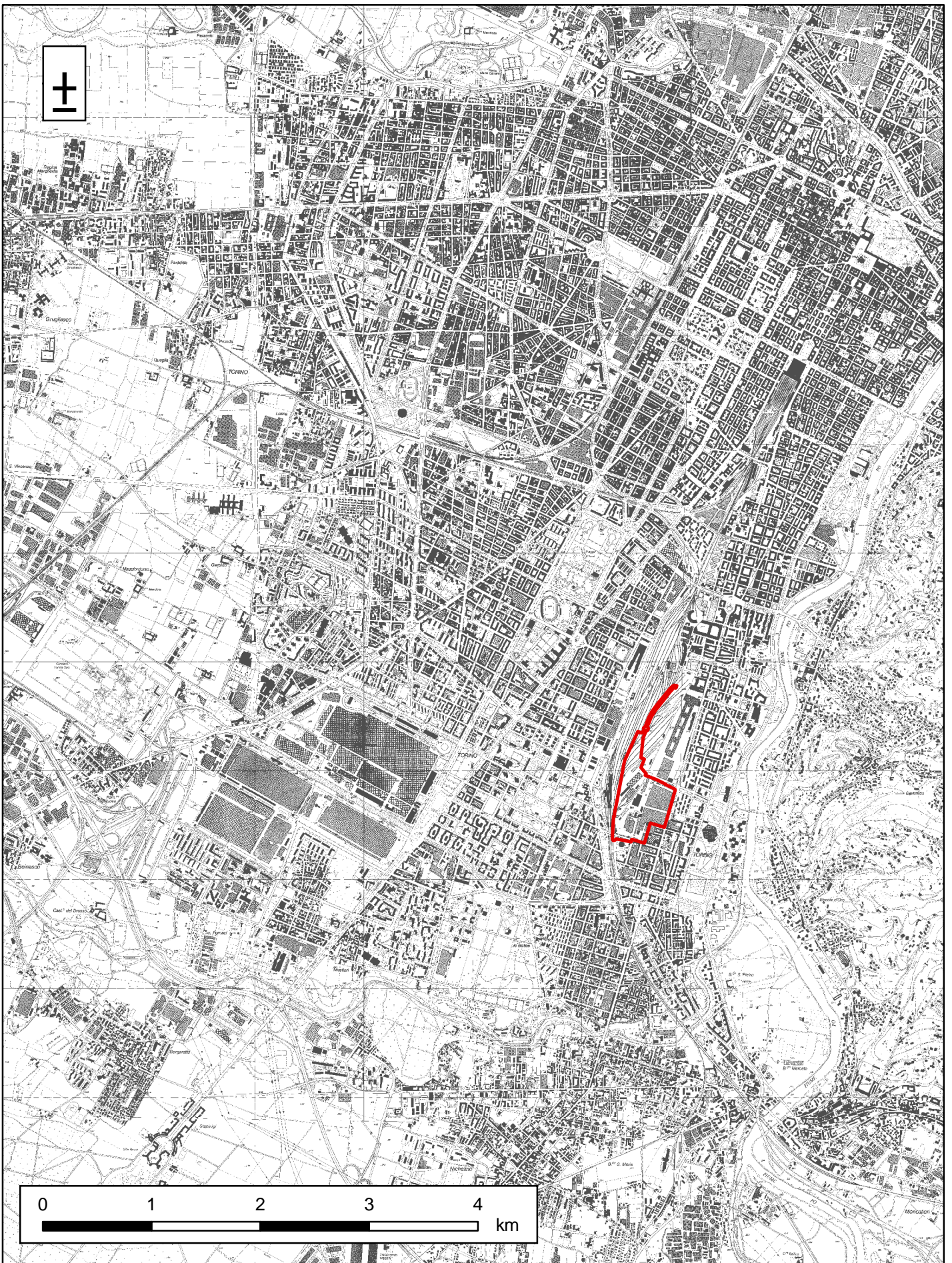
- BERARDI R. 1999. "Non linear elastic approaches in foundation design". Pre-failure Deformation Characteristic of Geomaterials, vol. 1, Jamiolkowski, Lancellotta & Lo Presti editors, 733-739.
- BONSIGNORE, G., BORTOLAMI, G., ELTER, G., MONTRASIO, A., PETRUCCI, F., RAGNI, U., SACCHI, R., STURANI, C. ZANELLA, E. 1969. "Carta geologica d'Italia" e "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia" fogli 56 e 57 (Torino e Vercelli). Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- BORTOLAMI, G., DE LUCA, D., FILIPPINI, G. 1990. "Le acque sotterranee della pianura di Torino. Aspetti e problemi". Provincia di Torino, Assessorato Ecologia.
- CARRIERI, G., CROVA, R., GRASSO, P.G., GUGLIELMETTI, V. 2004, Torino Metro Line 1, The tunnel excavation of the first section.
- CASAGRANDE A. 1948. Classification and Identification of Solis. Transaction ASCE, V. 113, p. 901
- DE MELLO, V.F.B. 1971. The standard Penetration Test. SOA., 4th Panamerican Conf. Soil Mech. Found. Eng., San Juan, Puerto Rico, V. 1, pp. 1-86
- GIBBS H.J. and HOLTZ W.G. 1957. Research on Determining the Density of Sands by Spoon Penetration Testing. Proc. IV ICSMFE, London
- JAMIOLKOWSKI M., BALDI G., BELLOTTI R., GHIONNA V., PASQUALINI E., et Al. 1985. New Developments in Field and Laboratory Testing of Soils. Theme Lecture, V. 1. XI ICSMFE, S. Francisco
- OHTA Y., GOTO N. 1978. Empirical Shear Wave Velocity in Terms of Characteristics Soil Indexes. Earthquake Engng. And Strct. Dynamics, Vol. 6.
- RICCI, G., ENRIONE, R., EUSEBIO, A., CROVA, R. 2007. "Numerical modelling of the interference between underground structures and aquifers in urban environment. The Turin subway – Line 1". Underground Space – the 4th Dimension of Metropolises.
- SCHMERTMANN, J.H. 1953. "Estimating the true consolidation behavior of clay from laboratory test results". Transactions of the American Society of Civil Engineers.
- SCHMERTMANN J.H. 1977. Interpreting the Dynamics of the Standard Penetration Test. Univ. Of Florida, Gainesville (USA)
- SHIOI, Y., and FUKUI, J. 1982. Application of N-value to Design of Foundations. JACI, Vol. 81, No. 5, Sept-Oct., pp. 469-475

- SKEMPTON A.W. 1986. Standard Penetration Test Procedure and The Effects in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, aging and Overconsolidation. Geotechnique 36, N°3.
- STROUD M.A. 1988. The Standard Penetration Test – It's Application and Interpretation. Proc. Geotechnology Conf. On Penetration Testing in the UK. July 1988. T. Telford, London.
- WINKERTON, H.F., and FANG, H.Y. 1975. Foundation Engineering Handbook. Van Nostrand Reinhold
- YOSHIDA Y, Monotori I. 1988. Empirical Formulas of SPT Blow-Counts for Gravelly Soils. Proc. ESOPT-1, Orlando (USA)
- YOSHIDA Y., IKEMI M., and KOKUSHO, T. 1988. Empirical formulas of SPT blow-counts for gravelly soils. Penetration testing ISOPT-1, Orlando, Balkema

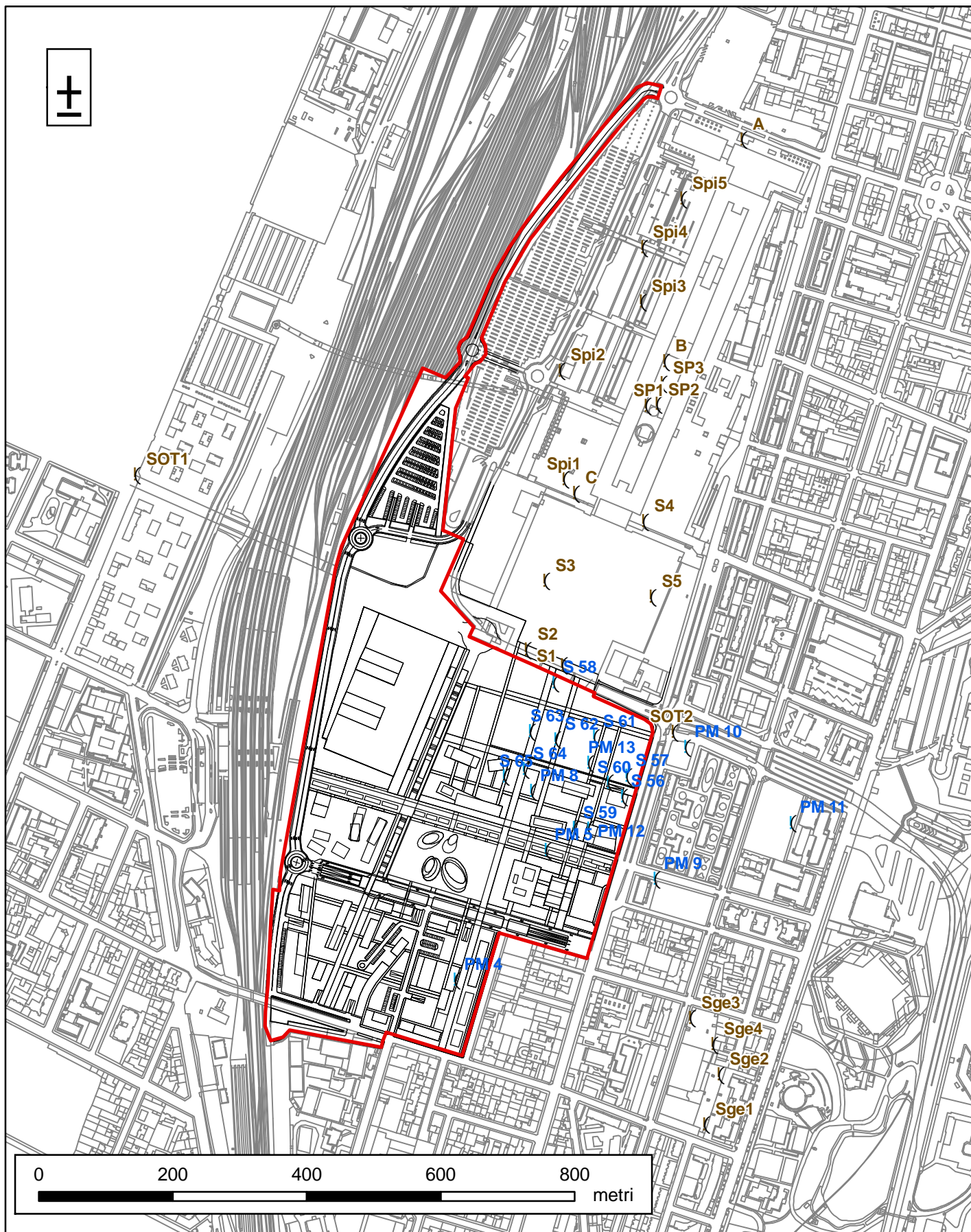
ALLEGATO 1

Tavola 1: Inquadramento geografico dell'area del Progetto Preliminare

Tavola 2: Ubicazione delle indagini geognostiche reperite ed utilizzate ai fini dell'inquadramento geologico ed idrogeologico



Inquadramento geografico dell'area del Progetto Definitivo (area in rosso)



Ubicazione dei sondaggi geognostici reperiti ed utilizzati per la caratterizzazione del quadro geologico, geotecnico ed idrogeologico

(Progetto Definitivo dell'intervento di messa in sicurezza e bonifica dell'area "ex-FIAT AVIO"



Area del Progetto Definitivo

(Progetto ed esecuzione di diversi lavori nella zona adiacente all'area oggetto del Progetto Preliminare



Elementi dell'azonamento superficiale

ALLEGATO 2

Analisi dei dati delle prove SPT (Campagna Abrate 2007-2008)

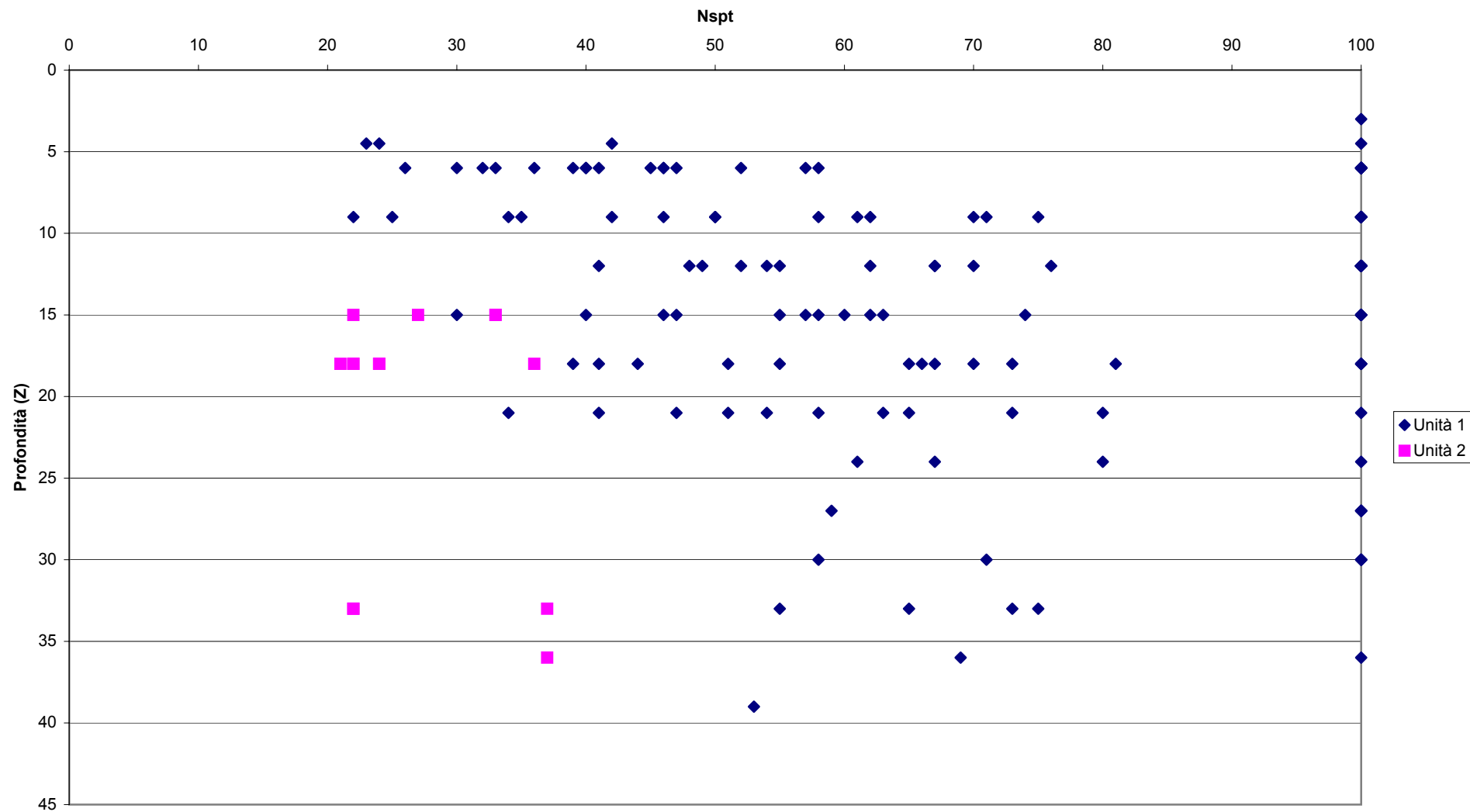
Sondaggio	Campagna	Opera	Profondità	Litologia	N _{spt}	Soggiacenza	Peso di volume naturale	Pressione verticale efficace	N _{spt}	Coesione non drenata										UNTA GEOTECNICA
										Jamiolkowski et al. (1985)	Schutzle e Menzenbach (1985)	Skempton (1986)	Yoshida (1988)	Road and Bridge Specification (2002)	Shio e Fukui (1982)	Schmertmann (1977)	Schmertmann (1977)	Schmertmann (1977)	Schmertmann (1977)	
(CODICE)			z (m)	(CODICE)	N _{spt} (n. colpi)	z (m)	γ _v (kN/m ³)	σ _v (kPa)	N _{spt} (coppi coretti)	(sabbie ghiaiose) (%)	(Sabbie NC) (%)	(Sabbie e ghiaie) (%)	(sabbie limose) (%)	(sabbie ghiaiose) (%)	(sabbia fine) (%)	(sabbia media) (%)	(sabbia grossa) (%)	(ghiaietto uniforme) (%)	c _u (kPa)	(CODICE)
ST14	Co.To. 2007	Centro servizi	6	Ghiaia ciottoli in matrice sabbiosa limosa	26	16	19	114,0	24	19	63	57	34	35	37	39	40	43	156	1
ST14	Co.To. 2007	Centro servizi	9	Ghiaia ciottoli in matrice sabbiosa limosa	50	16	19	171,0	37	24	79	72	39	42	39	41	42	44	300	1
ST14	Co.To. 2007	Centro servizi	12	Ghiaia ciottoli in matrice sabbiosa limosa	100	16	19	228,0	100	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST14	Co.To. 2007	Centro servizi	15	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	100	16	19	285,0	100	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST14	Co.To. 2007	Centro servizi	21	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	34	16	19	349,0	17	16	53	56	31	37	35	38	40	42	204	1
ST15	Co.To. 2007	Centro servizi	6	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	100	15	19	114,0	100	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST15	Co.To. 2007	Centro servizi	9	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	100	15	19	171,0	100	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST15	Co.To. 2007	Centro servizi	12	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	67	15	19	228,0	42	25	84	79	40	47	40	41	42	44	402	1
ST15	Co.To. 2007	Centro servizi	15	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	47	15	19	285,0	26	20	66	65	35	41	37	39	41	43	292	1
ST15	Co.To. 2007	Centro servizi	21	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	100	15	19	341,0	27	20	67	68	35	43	37	39	41	43	324	1
ST16	Co.To. 2007	Centro servizi	6	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	33	15	19	114,0	31	22	71	63	36	37	38	40	41	43	198	1
ST16	Co.To. 2007	Centro servizi	9	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	100	15	19	171,0	100	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST16	Co.To. 2007	Centro servizi	12	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	100	15	19	228,0	100	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST16	Co.To. 2007	Centro servizi	15	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	57	15	19	285,0	32	22	73	71	37	44	38	40	42	44	342	1
ST16	Co.To. 2007	Centro servizi	18	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	100	15	19	314,0	100	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST1	Co.To. 2007	Palazzo Regione	6	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	47	16	19	114,0	44	26	85	73	41	41	40	41	42	44	282	1
ST1	Co.To. 2007	Palazzo Regione	9	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	42	16	19	171,0	31	22	72	66	37	40	38	40	41	43	252	1
ST1	Co.To. 2007	Palazzo Regione	12	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	100	16	19	228,0	100	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST1	Co.To. 2007	Palazzo Regione	15	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	55	16	19	285,0	31	24	71	70	36	44	38	40	41	44	330	1
ST1	Co.To. 2007	Palazzo Regione	18	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	73	16	19	319,0	27	24	80	79	39	49	39	41	43	438	1	
ST1	Co.To. 2007	Palazzo Regione	39	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	53	16	19	508,0	21	18	60	64	33	43	36	38	41	43	318	1
ST2	Co.To. 2007	Palazzo Regione	6	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	100	16	19	114,0	100	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST2	Co.To. 2007	Palazzo Regione	9	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	75	16	19	171,0	56	29	96	96	44	50	41	43	45	450	1	
ST2	Co.To. 2007	Palazzo Regione	12	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	50	16	19	228,0	35	23	76	72	38	44	39	40	42	44	350	1
ST2	Co.To. 2007	Palazzo Regione	15	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	63	16	19	285,0	23	23	76	74	38	46	39	40	42	44	378	1
ST2	Co.To. 2007	Palazzo Regione	18	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	81	16	19	322,0	42	25	84	80	40	51	40	41	42	44	486	1
ST3	Co.To. 2007	Palazzo Regione	6	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	52	15	19	114,0	48	27	90	77	42	43	41	42	44	44	312	1
ST3	Co.To. 2007	Palazzo Regione	9	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	58	15	19	171,0	43	25	85	76	40	44	40	41	42	44	348	1
ST3	Co.To. 2007	Palazzo Regione	12	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	12	15	19	228,0	20	20	66	63	35	39	37	39	41	43	246	1
ST3	Co.To. 2007	Palazzo Regione	21	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	37	15	19	342,0	37	24	78	78	38	49	39	40	42	44	438	1
ST3	Co.To. 2007	Palazzo Regione	30	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	58	15	19	423,0	26	20	66	68	35	44	37	39	41	43	348	1
ST3	Co.To. 2007	Palazzo Regione	33	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	73	15	19	450,0	31	22	72	72	37	49	38	40	41	43	438	1
ST4	Co.To. 2007	Palazzo Regione	6	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	100	16	19	114,0	100	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST4	Co.To. 2007	Palazzo Regione	9	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	9	16	19	171,0	100	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST4	Co.To. 2007	Palazzo Regione	12	Intervallo grossolano di ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa limosa	100	16	19	228,0	100	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST4	Co.To. 2007	Palazzo Regione	15	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	58	16	19	285,0	32	22	73	72	37	44	38	40	42	44	348	1
ST4	Co.To. 2007	Palazzo Regione	18	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	67	16	19	319,0	35	23	76	75	38	47	39	40	42	44	402	1
ST5	Co.To. 2007	Palazzo Regione	6	Ghiaia eterometrica in matrice limosa	40	15	19	114,0	37	24	79	68	39	39	41	41	41	43	240	1
ST5	Co.To. 2007	Palazzo Regione	9	Ghiaia sabbiosa con rari ciottoli	34	15	19	171,0	26	20	65	64	34	37	37	39	41	43	204	1
ST5	Co.To. 2007	Palazzo Regione	12	Ghiaia sabbiosa con rari ciottoli	76	15	19	228,0	48	27	89	82	42	50	41	42	44	456	1	
ST5	Co.To. 2007	Palazzo Regione	18	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con ciottoli	55	15	19	312,0	29	21	70	69	36	44	38	40	41	44	330	1
ST5	Co.To. 2007	Palazzo Regione	21	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con ciottoli	65	15	19	339,0	33	22	74	74	37	47	38	40	42	44	390	1
ST5	Co.To. 2007	Palazzo Regione	30	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con ciottoli	71	15	19	420,0	32	22	73	72	37	48	38	40	42	44	426	1
ST6	Co.To. 2007	Palazzo Regione	6	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	43	16	19	114,0	43	28	94	80	43	44	41	42	43	44	442	1
ST6	Co.To. 2007	Palazzo Regione	9	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	49	16	19	171,0	43	28	79	72	39	42	39	41	42	44	300	1
ST6	Co.To. 2007	Palazzo Regione	12	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	70	16	19	228,0	44	26	86	80	41	48	40	41	43	44	420	1
ST7	Co.To. 2007	Palazzo Regione	6	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	100	15	19	114,0	100	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST7	Co.To. 2007	Palazzo Regione	9	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	9	15	19	171,0	100	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST7	Co.To. 2007	Palazzo Regione	12	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	100	15	19	228,0	100	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST7	Co.To. 2007	Palazzo Regione	21	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	80	15	19	341,0	40	25	82	-	40	51	39	-	-	-	480	1
ST8	Co.To. 2007	Palazzo Regione	6	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con ciottoli	100	15	19	114,0	100	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST8	Co.To. 2007	Palazzo Regione	12	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con ciottoli	100	15	19	228,0	100	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST8	Co.To. 2007	Palazzo Regione	18	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con ciottoli	70	15	19	310,0	47	24	79	77	39	48	39	42	44	420	1	
ST8	Co.To. 2007	Palazzo Regione	24	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con ciottoli	100	15	19	364,0	100	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST8	Co.To. 2007	Palazzo Regione	27	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con ciottoli	100	15	19	391,0	100	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST8	Co.To. 2007	Palazzo Regione	30	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con ciottoli	100	15	19	418,0	100	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST8	Co.To. 2007	Palazzo Regione	33	Sabbia grossolana con ghiaia media	55	15	19	445,0	24	19	63	66	34	44	37	41	43	330	1	
ST9	Co.To. 2007	Palazzo Regione	36	Sabbia grossolana con ghiaia media	36	15	19	472,0	19	15	69	72	36	48	38	40	42	44	414	1
ST9	Co.To. 2007	Palazzo Regione	6	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con ciottoli	46	15	19	114,0	43	25	84	73	40	41	40	42	44	276	1	
ST9	Co.To. 2007	Palazzo Regione	12	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con ciottoli	54	15	19	228,0	34	23	75	71	38	43	39	42	44	324	1	
ST9	Co.To. 2007	Palazzo Regione	18	Sabbia grossolana con ghiaia media	44	15	19	312,0	23	19	62	63	34	40	37	41	43	264	1	
ST9	Co.To. 2007	Palazzo Regione	24	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con rari ciottoli	81	15	19	366,0	29	21	70	71	36	45	38	42	44	366	1	
ST9	Co.To. 2007	Palazzo Regione	27	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con rari ciottoli	67	15	19	393,0	27	19	68	68	35	45	37	41	43	354	1	
ST9	Co.To. 2007	Palazzo Regione	30	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con rari ciottoli	100	15	19	420,0	100	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST9	Co.To. 2007	Palazzo Regione	33	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con rari ciottoli	75	15	19	447,0	32	22	74	72	37	50	39	42	44	450	1	
ST9	Co.To. 2007	Palazzo Regione	36	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con rari ciottoli	100	15	19	474,0	100	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ST10	Co.To. 2007	Palazzo Regione	6	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa	41	15	19	114,0	38	24	80	69	39	39	41	41	43	240	1	
ST10	Co.To. 2007	Palazzo Regione	9	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con rari ciottoli	46	15	19	171,0	41	25	75	69	38	41	39	41	44	276	1	
ST10	Co.To. 2007	Palazzo Regione	12	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa limosa con rari ciottoli	49	15	19	228,0	31	22										

Committente:
Classe:
Fase del progetto:
Opera:
Allegato:

GD
DEFINITIVO
Palazzo della Regione
2

Sondaggio	Campagna	Opera	Profondità	Litologia	N _{SPT}	Soggiacenza	Peso di volume naturale	Pressione verticale efficace	N _{SPT}	Coesione non drenata										UNITA' GEOTECNICA	
										Jamiolkowski et al. (1985)	Schutz e Menzenbach (1961)	Skempton (1986)	Yoshida (1988)	Road and Bridge Specification (2002)	Shioji e Fukui (1982)	Schmertmann (1977)	Schmertmann (1977)	Schmertmann (1977)	Schmertmann (1977)		Terzaghi-Peck (1948)
(CODICE)			z (m)	(CODICE)	N _{SPT} (n. colpi)	z (m)	γ _v (kN/m ³)	σ _v (kN/m ²)	N _{SPT} (colpi coretti)	(sabbie ghiaiose) (%)	(Sabbie NC) (%)	(Sabbie e ghiaie) (%)	(sabbie limose) (°)	(sabbie ghiaiose) (°)	(sabbia fine) (°)	(sabbia media) (°)	(sabbia grossa) (°)	(ghiaietto uniforme) (°)	c _u (kPa)	(CODICE)	
SV4	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	6	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa	100	14	19	114,0	100	37	-	87	78	41	45	40	-	42	44	366	1
SV4	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	9	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa	61	14	19	171,0	45	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
SV4	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	12	Ghiaia con ciottoli a trovanti in matrice sabbiosa limosa	100	14	19	228,0	100	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
SV4	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	15	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	100	14	19	271,0	100	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
SV4	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	18	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	41	14	19	298,0	22	19	61	61	33	39	37	-	41	43	248	1	
SV4	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	21	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	53	14	19	325,0	33	22	74	73	37	46	38	-	42	44	378	1	
SV5	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	3	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa	100	15	19	57,0	100	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
SV5	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	6	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa	46	15	19	114,0	43	25	84	73	40	41	40	-	42	44	276	1	
SV5	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	9	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa	100	15	19	171,0	100	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
SV5	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	12	Ghiaia con ciottoli e trovanti in matrice sabbiosa	100	15	19	228,0	100	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
SV5	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	15	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa debolmente limosa	30	15	19	285,0	17	16	53	54	31	36	35	-	40	42	180	1	
SV6	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	6	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa	58	14	19	114,0	54	28	95	81	43	44	41	-	43	44	348	1	
SV6	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	9	Ghiaia in matrice limosa sabbiosa	100	14	19	171,0	100	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
SV6	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	12	Ghiaia in matrice limosa sabbiosa	52	14	19	228,0	33	22	74	70	37	43	38	-	42	44	312	1	
SV6	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	15	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa	46	14	19	270,0	26	20	66	65	35	41	37	-	41	43	276	1	
SV6	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	18	Ghiaia in matrice sabbiosa limosa	100	14	19	297,0	100	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
SV8	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	9	Ghiaia limosa sabbiosa, scarsamente addensata	35	16	19	171,0	26	20	66	61	35	38	37	-	41	43	210	1	
SV8	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	12	Intervallo grossolano composto da ciottoli e trovanti	100	16	19	228,0	100	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
SV8	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	15	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	40	16	19	285,0	22	19	61	61	33	39	37	-	41	43	240	1	
SV8	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	18	Ghiaia in matrice sabbiosa debolmente limosa	51	16	19	317,0	27	20	67	67	35	42	37	-	41	43	306	1	
SV8	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	21	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa limosa	47	16	19	344,0	24	19	63	64	34	41	37	-	41	43	282	1	
SV9	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	6	Ghiaia in matrice sabbiosa a tratti debolmente limosa	30	16	19	114,0	28	21	68	60	35	36	38	-	41	43	180	1	
SV9	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	9	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa	100	16	19	171,0	100	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
SV9	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	12	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa	67	16	19	228,0	42	25	84	79	40	47	40	-	42	44	402	1	
SV9	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	15	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa	100	16	19	285,0	100	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
SV9	Co.To. 2007	Viabilità di accesso	18	Ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbiosa limosa	66	16	19	320,0	34	23	76	75	38	47	39	-	42	44	396	1	
ST16	Co.To. 2007	Centro servizi	33	Sabbia medio fine	22	15	19	449,0	9	12	40	44	27	34	34	36	39	42	132	2	
ST3	Co.To. 2007	Palazzo Regione	15	Sabbia medio fine	22	15	19	285,0	12	14	45	47	29	34	34	37	39	42	132	2	
ST3	Co.To. 2007	Palazzo Regione	18	Sabbia medio fine	24	15	19	315,0	13	14	46	46	29	34	34	37	39	42	144	2	
ST5	Co.To. 2007	Palazzo Regione	15	Sabbia medio fine	33	15	19	285,0	18	17	55	56	32	37	36	38	40	42	198	2	
ST5	Co.To. 2007	Palazzo Regione	33	Sabbia eterometrica con rara ghiaia media	22	15	19	447,0	10	12	40	44	27	34	34	36	39	42	132	2	
ST6	Co.To. 2007	Palazzo Regione	15	Sabbia medio fine	33	16	19	285,0	18	17	55	56	32	37	36	38	40	42	198	2	
ST6	Co.To. 2007	Palazzo Regione	18	Sabbia medio fine	36	16	19	318,0	19	17	56	57	32	38	36	38	40	43	216	2	
ST7	Co.To. 2007	Palazzo Regione	15	Sabbia medio fine	27	15	19	285,0	15	15	50	51	30	35	35	38	40	42	162	2	
ST7	Co.To. 2007	Palazzo Regione	18	Sabbia medio fine	21	15	19	314,0	11	13	43	45	28	33	34	35	39	42	126	2	
ST11	Co.To. 2007	Palazzo Regione	18	Sabbia medio fine	22	15	19	312,0	12	14	44	46	28	34	34	39	42	132	2		
ST12	Co.To. 2007	Palazzo Regione	18	Sabbia medio fine	22	15	19	312,0	12	14	44	46	28	34	34	39	42	132	2		
ST12	Co.To. 2007	Palazzo Regione	33	Sabbia medio fine	37	15	19	447,0	16	16	52	55	30	38	35	40	42	222	2		
ST12	Co.To. 2007	Palazzo Regione	36	Sabbia medio fine	37	15	19	474,0	15	16	51	55	30	38	35	40	42	222	2		
ST13	Co.To. 2007	Palazzo Regione	18	Sabbia medio fine	24	15	19	312,0	13	14	46	48	29	34	34	39	42	144	2		

Nspt vs Z



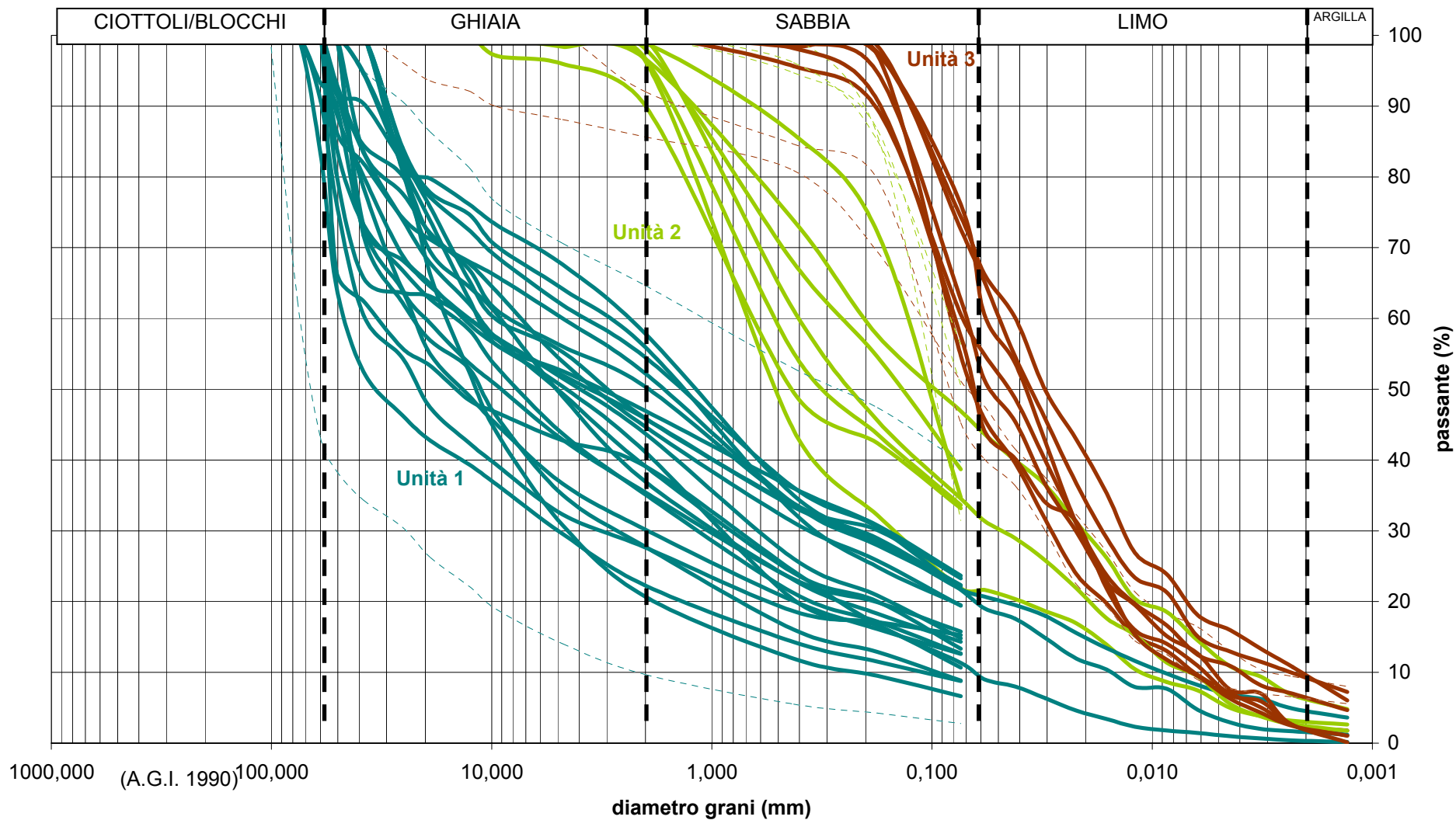
ALLEGATO 3

Analisi dei dati di laboratorio (Campagna Abrate 2007-2008)

SONDAGGIO			ST1	ST1	ST1	ST1	ST2	ST2	ST2	ST2	ST3	ST3	ST3	ST3	ST4	ST5	ST6	ST6	ST7	ST7	ST7	ST8	ST8	ST8	ST9	ST9	ST9		
GENERALITA'	Campione		1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	1	1	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
	Provino		ioo41	ioo30	ioo31	ioo28	ioo42	ioo43	ioo44	ioo45	ioo46	ioo47	ioo48	ioo49	ioo50	ioo51	ioo52	ioo53	ioo54	ioo55	ioo56	ioo57	ioo58	ioo70	ioo59	ioo60	ioo61		
	Descrizione		Ghiaia con sabbia limoso-argillosa	Ghiaia e sabbia limosa	Sabbia con limo	Limo con sabbia	Ghiaia con sabbia deb. Limoso argillosa	Ghiaia con sabbia deb. Limoso argillosa	Ghiaia con sabbia deb. Limoso argillosa	Limo e sabbia deb. argillosi	Sabbia con limo-argilla	Ghiaia sabbiosa limoso argillosa	Sabbie e limo-argilla	Sabbia e limo deb. ghiaio-argillosi	Ghiaia con sabbia limo-argilla	Sabbia e limo-argilla	Ghiaia con sabbia deb. limo-argilla-ciottolosa	Limo-argilla e ghiaia sabbiosi	Ghiaia ciottolosa de. sabbio limo-argillosa	Limo-argilla e sabbia	Ghiaia con sabbia limo-argillosa	Ghiaia limo-argillosa deb. sabbio o ciottolosa	Ghiaia con sabbia limo-argillosa		Sabbia e limo-argilla	Sabbia e limo-argilla deb. ghiaiosi	Limo con sabbia deb. argilloso		
Profondità	z	da m	11,30	18,00	35,00	68,00	13,50	24,30	36,00	73,60	17,20	21,50	34,40	52,30	30,00	14,50	12,50	21,50	11,50	14,00	22,00	10,00	29,00	64,00	13,60	28,60	39,60		
	z	a m	11,70	18,20	35,20	68,50	13,80	24,60	26,30	73,80	17,60	21,70	34,70	52,60	30,40	14,90	12,70	22,00	11,80	14,50	22,40	10,30	29,40	64,70	14,00	29,00	40,00		
CARATTERISTICHE FISICHE	Contenuto naturale d'acqua	W _n	%																										
	Peso di volume naturale	γ _n	kN/m ³																										
	Peso di volume secco	γ _d	kN/m ³																										
	Peso specifico totale	G	kN/m ³																										
	Peso di volume saturo		kN/m ³																										
	Peso specifico dei grani	G _s																											
	Indice dei vuoti	e	%																										
	Porosità	n	%																										
Densità relativa	D _r	%																											
Grado di saturazione	S	%																											
GRANULOMETRIE	Ciottoli	Ø>60 mm	#7/3"															6,69	16,65			9,12							
	Ghiaia e sabbia grossolana	Ø>2 mm	#10	%	55,31	45,52	0,32	0,00	60,90	69,85	72,27	0,00		54,17	3,30	7,96	44,08	1,93	49,58	35,36	61,09	0,26	49,65	63,24	47,78		1,08	9,98	
	Sabbia media	0,425 mm<Ø<2 mm	#40	%	13,50	18,36	38,53	1,01	15,05	10,07	11,70	0,00		12,48	41,59	7,43	23,33	30,20	17,67	11,70	7,98	5,03	16,46	8,99	18,39		12,91	40,47	0,68
	Sabbia fine	0,075 mm<Ø<0,425mm	#200	%	11,77	14,46	26,59	36,30	10,69	7,49	7,18	39,43	68,55	11,51	21,48	39,35	13,11	29,18	11,25	13,22	5,50	44,20	10,60	3,36	11,65		51,29	16,36	26,74
	Limo			%		20,00	31,90	60,14				53,57				38,73												62,68	
	Argilla	Ø<0,075 mm		%		1,67	2,66	2,54			7,00				6,53													9,90	
	Fini completi			%	19,42				13,36	12,59	8,85			31,45	21,84	33,63			19,48	38,69	14,81	39,72	8,78	50,51	23,29	15,29	22,18	34,72	33,19
	Coefficiente di uniformità	D60/D10	C																										
LIMITI DI ATTERBERG	Limite liquido	W _L	%		25,00	17,00	28,40																						
	Limite plastico	W _P	%		14,18																								
	Limite di ritiro	W _S	%																										
	Indice plastico	PI	%		10,82	N.D.	6,14																						
	Indice liquido	LI	%																										
	Indice di attività (Skempton)	A																											
CLASS	Indice di consistenza	IC																											
	Classificazione A.G.I.																												
	Classificazione USCS			SC	SM	ML-CL																							
RESISTENZA MECCANICA E RIGIDEZZA	Classificazione CNR/UNI																												
	Pocket Penetrometer	Resistenza	R _p	kPa																									
	Prova di compressione ad espansione laterale libera (ELL)	Carico rottura	q _u	kPa																									
		Coazione non drenata	c _u	kPa																									
	Prova di taglio diretto (CD)	Coazione efficace	c'	kPa																									
		Angolo attrito	φ'	°																									
		Coazione residua	c' _{res}	kPa																									
	Compressione triassiale (UU)	Angolo attrito residuo	φ' _{res}	°																									
		Coazione non drenata	c _u	kPa																									
	Compressione triassiale (CU)	Coazione	c'	kPa				43,68																					
		Coazione	c	kPa																									
		Angolo attrito	φ'	°				29,24																					
	Compressione triassiale (CD)	Angolo attrito	φ	°																									
Coazione efficace		c'	kPa				38,16																						
Prova edometrica (valori riferiti a 100kPa)	Angolo attrito	φ'	°				30,95																						
	Coefficiente di consolidazione	C _v	cm ² /s																										
	Modulo edometrico (k=800 kPa)	E _{ed}	MPa				11,8																						
	OCR																												
Point Load Test	Tensione di preconsolidazione	σ _p	kPa																										
	Resistenza a compressione	min	kPa																										
		medio	kPa																										
max		kPa																											
RIGONFIAMENTO	Prova di rigonfiamento	Pressione di rigonfiamento	kPa																										
		Tempo	min																										
	Prova di rigonfiamento libero a pressione definita	Pressione di contenimento	kPa																										
		Deformazione di rigonfiamento	%																										
	Diffrazione	Quarzo	%																										
		Calcite	%																										
Kfeldspati		%																											
Gesso		%																											
	Minerali argillosi cloritoidi	%																											
Unità geotecnica			1	1	2	3	1	1	1	3	2	1	2	3	1	2	1	1	1	2	1	1	3	2	2	3			

SONDAGGIO			ST10	ST10	ST10	ST10	ST11	ST11	ST11	ST12	ST12	ST14	ST14	ST14	ST14	ST15	ST15	ST15	ST16	ST16	ST2	ST3	ST4	ST5	ST7	ST9		
GENERALITA'	Campione		1	2	3	4	1	2	3	1	2	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	1	1	1	1	1		
	Provino		ioo62	ioo63	ioo64	ioo71	ioo65	ioo66	ioo67	ioo68	ioo69	ioo11	ioo12	ioo13	ioo14	ioo17	ioo18	ioo19	ioo26	ioo27	ioo36	ioo37	ioo29	ioo39	ioo38	ioo40		
	Descrizione		Limo-argilla e sabbia	Ghiaia e sabbia limo-argillosi	Limo con sabbia deb. argilloso		Ghiaia sabbiosa de. Limo-argillosa	Ghiaia sabbiosa limo-argillosa	Limo sabbioso	Ghiaia con sabbia deb. limosa	Limo e sabbia	Ghiaia sabbiosa deb. limo-argillosa	Ghiaia deb. sabbio-limo-argillosa	Sabbia limosa	Limo con sabbia deb. Ghiaio argillosa	Ghiaia sabbio-limo-argillosa	Ghiaia con sabbia deb. limo-argillosa	Clottoli con ghiaia deb. sabbiosi	Ghiaia sabbiosa deb. limo-argillosa	Sabbia e limo deb. argillosi	Limo sabbioso	Limo sabbioso	Limo e sabbia	Limo e sabbia	Limo sabbioso	Limo e sabbia		
Profondità		z da m	13,00	32,00	57,50	48,00	11,00	24,40	71,40	40,00	78,30	6,00	12,00	32,20	39,70	9,00	6,00	12,00	15,00	37,00	52,10	49,50	51,50	48,00	63,00	40,30		
		z a m	13,50	32,30	58,00	48,50	11,30	24,60	71,60	40,50	78,60			32,40	39,80				15,20	37,20	52,50	50,00	52,00	48,50	63,50	40,80		
CARATTERISTICHE FISICHE	Contenuto naturale d'acqua		W _n	%																								
	Peso di volume naturale		γ _n	kN/m ³																								
	Peso di volume secco		γ _d	kN/m ³																								
	Peso specifico totale		G	kN/m ³																								
	Peso di volume saturo			kN/m ³																								
	Peso specifico dei grani		G _s																									
	Indice dei vuoti		e	%																								
	Porosità		n	%																								
Densità relativa		D _r	%																									
Grado di saturazione		S	%																									
GRANULOMETRIE	ACI	Ciottoli	Ø>60 mm	#7/3"																								
		Ghiaia e sabbia grossolana	Ø>2 mm	#10	%		42,17		64,58	53,06		60,88	0,62	64,88	79,31	3,66	14,37	54,12	58,87	33,50	63,05	3,32			0,00			
		Sabbia media	0,425 mm<Ø<2 mm	#40	%	3,85	22,83	1,25	12,25	10,91	0,63	14,82	1,22	13,92	8,74	52,12	4,74	12,31	20,85	4,18	13,89	23,60				1,63		
		Sabbia fine	0,075 mm<Ø<0,425mm	#200	%	39,79	12,67	24,37	7,42	12,38	23,24	12,96	40,68	8,54	5,31	22,34	29,73	11,84	9,59	2,76	8,72	26,16				43,64		
		Limo			%			63,65			73,72	10,97	54,92			18,73	41,75	16,86				40,14				52,08		
		Argilla	Ø<0,075 mm		%			10,73			2,41	0,37	2,56			3,16	9,40	4,88				6,77				2,65		
		Fini completi			%	56,36	22,33			15,75	23,65					12,66	6,64			10,68	2,76	14,34						
		Coefficiente di uniformità		D60/D10	C																							
LIMITI DI ATTERBERG	Limite liquido		W _L	%										22,12		21,00	26,20	17,62		20,60	13,60	27,50		26,00				
	Limite plastico		W _P	%										16,25		N.D.	21,98	15,22							19,25			
	Limite di ritiro		W _S	%																								
	Indice plastico		PI	%											5,87		N.D.	4,22	2,40									
	Indice di attività (Skempton)		A																									
Indice di consistenza		IC																										
CLASS	Classificazione A.G.I.																											
	Classificazione USCS												SM-SC	GW-GM	SM	ML-CL	GM	SW-SM	GW	GM-GC	SM			ML-CL				
	Classificazione CNR/UNI																											
RESISTENZA MECCANICA E RIGIDEZZA	Pocket Penetrometer		Resistenza	R _p	kPa																							
	Prova di compressione ad espansione laterale libera (ELL)		Carico rottura	q _u	kPa																							
			Coazione non drenata	c _u	kPa																							
	Prova di taglio diretto (CD)		Coazione efficace	c'	kPa																							
			Angolo attrito	φ'	°																							
			Coazione residua	c' _{res}	kPa																							
			Angolo attrito residuo	φ' _{res}	°																							
	Compressione triassiale (UU)		Coazione non drenata	c _u	kPa																							
	Compressione triassiale (CU)		Coazione	c'	kPa																	36,54		15,61	33,26		83,77	
				c	kPa																							
			Angolo attrito	φ'	°																	24,22		27,46	29,24		22,73	
	Compressione triassiale (CD)		Coazione efficace	c'	kPa																		39,13	64,66		30,91		
		Angolo attrito	φ'	°																		27,29	23,64		25,95			
Prova edometrica (valori riferiti a 100kPa)		Coefficiente di consolidazione	C _v	cm ² /s																								
		Modulo edometrico (k=800 kPa)	E _{ed}	MPa			14,44															12,7	12,31	19,05	15,94	17,02		
		OCR																										
		Tensione di preconsolidazione	σ _p	kPa																								
Point Load Test		Resistenza a compressione	min	kPa																								
			medio	kPa																								
			max	kPa																								
RIGONFIAMENTO	Prova di rigonfiamento		Pressione di rigonfiamento	kPa																								
			Tempo	min																								
	Prova di rigonfiamento libero a pressione definita		Pressione di contenimento	kPa																								
			Deformazione di rigonfiamento	%																								
	Diffrazione		Quarzo	%																								
			Calcite	%																								
		Kfeldspati	%																									
		Gesso	%																									
		Minerali argillosi cloritoidi	%																									
Unità geotecnica			2	1	3	1	1	1	3	1	3	1	1	2	3	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3		

Nuovo Palazzo Regione Piemonte - Curve granulometriche



ALLEGATO 4

Consulenza dello Studio Geotecnico Italiano (SGI): "Profilo stratigrafico e caratteristiche di deformabilità dei terreni di fondazione", settembre 2008.



STUDIO GEOTECNICO ITALIANO srl
ingegneria geotecnica - ingegneria sismica - ingegneria ambientale
geologia applicata

GEODATA

Torino

Nuovo Palazzo per uffici Regione Piemonte

Lotto 3

**Profilo stratigrafico e caratteristiche di deformabilità dei terreni di
fondazione**

07757-005R01E03-ROC/MAE

Milano, 12 Settembre 2008



Reg. CH-20504
ISO 9001:2000
ISO 14001:2004

Sede Legale e Uffici: via Ripamonti 89 - 20141 Milano - Tel: +39 02522014.1 - Fax: +39 025691845
E-mail: sgi@studio-geotecnico.it - Sito Web: www.studio-geotecnico.it
Codice Fiscale e Registro delle Imprese di Milano 00506080019 - R.E.A. MI 691783 - P. IVA 11261240151 - Cap. Soc. € 1.550.000 i.v.

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	2
3.	CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'OPERA	3
4.	INDAGINI ESEGUITE	4
4.1	Indagini in sito	4
4.2	Indagini di laboratorio	5
5.	PROFILO STRATIGRAFICO E CARATTERISTICHE DI DEFORMABILITA'	6
5.1	Premessa	6
5.2	Profilo stratigrafico.....	6
5.3	Caratteristiche di deformabilità.....	10
5.3.1	Materiali a grana grossa (sabbie e ghiaie delle unità 1 e 2).....	10
5.3.2	Strati a grana fine (limi sabbiosi dell'Unità 3)	15
5.3.3	Premessa	15
5.3.4	Caratteristiche fisiche	16
5.3.5	Moduli di deformabilità	16
5.3.6	Coefficienti di permeabilità.....	22
6.	CONCLUSIONI	23
7.	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	25

FIGURE:

Figura 3- 1: Planimetria della struttura a livello platea.....	27
Figura 5 - 1 – Profilo delle velocità delle onde di taglio V_s da prove Cross Hole e da interpretazione prove SPT.....	28
Figura 5 - 2 – Profilo del modulo di Young iniziale E_0 da prove Cross Hole e da interpretazione prove SPT.....	29
Figura 5 - 3 – Unità 1 e 2: Modulo di Young operativo di primo carico calcolato da Eq.(2)	30
Figura 5 - 4 – Unità 1 e 2: Modulo di Young operativo di scarico/ricarico calcolato da Eq.(3)	31
Figura 5 - 5: Curve granulometriche Unità 3	32
Figura 5 - 6: Peso di volume naturale – Unità 3	33
Figura 5 - 7: Contenuto d'acqua naturale – Unità 3.....	34
Figura 5 - 8: Limite liquido – Unità 3.....	35
Figura 5 - 9: Limite plastico – Unità 3.....	36
Figura 5 - 10: Indice di plasticità – Unità 3.....	37
Figura 5 - 11: Carta di Casagrande – Unità 3.....	38
Figura 5 - 12: Indice dei vuoti – Unità 3.....	39
Figura 5 - 13 - Unità 3: Modulo di Young iniziale – Unità 3	40
Figura 5 - 14: Unità 3: Modulo di Young di primo carico – Unità 3	41
Figura 5 - 15: Unità 3: Modulo di Young di scarico-ricarico – Unità 3.....	42
Figura 5 - 16: Curve edometriche e stato iniziale per campioni prelevati fra 48 e 50m da p.c.	43
Figura 5 - 17: Curve edometriche e stato iniziale per campioni prelevati fra 51 e 53m da p.c.	43
Figura 5 - 18: Curve edometriche e stato iniziale per campioni prelevati fra 63 e 65 m da p.c.	44

1. INTRODUZIONE

Nell'area denominata "Ex-Fiat Avio" è prevista la costruzione del nuovo palazzo per uffici della Regione Piemonte in Torino le cui principali caratteristiche sono descritte nel capitolo 3.

Nell'ambito della progettazione definitiva di tale opera è stata programmata e effettuata a cura della società GEODATA una campagna di indagine geotecnica per la caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni di fondazione, riassunta nel capitolo 4 (vedi anche i documenti elencati nel capitolo 2).

La società GEODATA ha richiesto agli scriventi di analizzare i documenti di indagine geotecnica e di definire in modo indipendente il profilo stratigrafico e le caratteristiche di deformabilità dei terreni componenti i vari strati, da utilizzare per le analisi dei cedimenti della "Torre" principale.

I risultati di tale attività sono riportati nel capitolo 5.

2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

1. "Nuovo Palazzo per Uffici Regione Piemonte - Progetto Definitivo - Elaborati Generali – Planimetria ubicazione indagini con traccia delle sezioni geologiche e geotecniche - Scala 1:500" Raggruppamento di Progetto, Luglio 2007.
2. "Nuovo Palazzo per Uffici Regione Piemonte - Progetto Definitivo - Elaborati Generali – Planimetria indagini geognostiche – Scala 1:1000" Raggruppamento di Progetto, Luglio 2007.
3. "Nuovo Palazzo per Uffici Regione Piemonte - Progetto Definitivo - Elaborati Generali – Sezioni geologiche – Tavv. 1, 2, 3, 4 – Scala 1:250-1:500" Raggruppamento di Progetto, Luglio 2007.
4. "Nuovo Palazzo per Uffici Regione Piemonte - Progetto Definitivo - Elaborati Generali – Sezioni geotecniche - Tavv. 1, 2, 3, 4 – Scala 1:250-1:500" Raggruppamento di Progetto, Luglio 2007.
5. "Nuovo Palazzo per Uffici Regione Piemonte - Progetto Definitivo - Elaborati Generali – Sezioni Geofisiche – Interpretazione prove Cross Hole - Tavv. 1, 2, 3, 4 – Scala 1:250-1:500" Raggruppamento di Progetto, Luglio 2007.
6. Nuovo Palazzo per Uffici Regione Piemonte - Progetto Definitivo – Colonnine stratigrafiche dei sondaggi eseguiti dall'Impresa ABRATE nell'area della "Torre" e fotografie delle cassette, settembre 2007- Marzo 2008.
7. Nuovo Palazzo Regionale Torino – area ex Fiat Avio - Progetto Definitivo - Certificati prove Le Franc effettuate nei sondaggi eseguiti dall'Impresa ABRATE nell'area della "Torre".
8. Nuovo Palazzo Regionale Torino – area ex Fiat Avio - Progetto Definitivo – Prove pressiometriche, eseguite dall'Impresa *gdtes*, 13 Marzo 2008.
9. Nuovo Palazzo Regionale Torino – area ex Fiat Avio - Progetto Definitivo – Prove di laboratorio, eseguite dall'Impresa *gdtes*.
10. Nuovo Palazzo Regionale Torino – area ex Fiat Avio - Progetto Definitivo – Prove di laboratorio – Integrazione, eseguite dall'Impresa *gdtes*, 29 Aprile 2008.
11. Progetto Definitivo – Prove Cross Hole – Relazione illustrativa e Allegati 1→5, 30 Aprile 2008.

3. CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'OPERA

L'area di futura costruzione risulta pressoché pianeggiante, con quote del piano campagna comprese fra +233 e +234 m s.l.m..

Il Nuovo Palazzo Uffici della Regione Piemonte è costituito da una struttura di rilevante sviluppo verticale (circa 200 m di altezza), nel seguito denominata Torre.

E' previsto che la platea di fondazione della Torre abbia dimensioni planimetriche non inferiori a 55 m x 55 m e uno spessore pressoché costante pari a 4 m; la platea poggia ad una profondità di circa 13 m dal p.c. attuale.

Per effetto dei carichi della struttura in elevazione, la platea eserciterebbe una pressione sul terreno dell'ordine di 500 kPa, comprensiva del peso proprio e dei carichi trasmessi dai pilastri e dalle strutture interne (Figura 3- 1).

4. INDAGINI ESEGUITE

4.1 Indagini in sito

Come riportato nei documenti di riferimento elencati nel capitolo 2, nell'area di futura costruzione della Torre sono state eseguite le seguenti indagini geotecniche:

- N° 3 sondaggi fino a 30 m con prelievo di campioni rimaneggiati ed indisturbati e con esecuzione di prove SPT e di prove di permeabilità Lefranc, nell'area destinata a parcheggi (Sp1-Sp3);
- N° 13 sondaggi fino a 80 m con prelievo di campioni rimaneggiati ed indisturbati e con esecuzione di prove SPT e di prove di permeabilità Lefranc, nell'area della Torre (St1-St13);
- N° 3 sondaggi fino a 40 m con prelievo di campioni rimaneggiati ed indisturbati e con esecuzione di prove SPT, di prove pressiometriche Menard e di prove di permeabilità Lefranc, nell'area destinata al Centro Congressi (St14-St16);
- N° 9 sondaggi profondi fra 20 e 40m con prelievo di campioni rimaneggiati ed indisturbati e con esecuzione di prove SPT e di prove di permeabilità Lefranc, nell'area di viabilità (Sv1-Sv9);
- N° 9 prove Cross Hole fra i sondaggi St2-St3, St3-St5, St5-St8, St8-St13, St10-St12, St10-St13, St11-St6, St11-St9, St12-St9.

I sondaggi St4, St7 e Sv2 sono stati attrezzati con piezometri a tubo aperto per il rilievo dei livelli della falda.

4.2 Indagini di laboratorio

Come riportato nei documenti di riferimento elencati nel capitolo 2, sui campioni prelevati nei sondaggi sono state eseguite le seguenti tipologie di prove:

- Determinazioni della composizione granulometrica;
- determinazioni dei limiti di Atterberg;
- prove triassiali consolidate isotropicamente, non drenate (TX-CIU);
- prove triassiali consolidate isotropicamente, drenate (TX-CID);
- prove edometriche.

5. PROFILO STRATIGRAFICO E CARATTERISTICHE DI DEFORMABILITA'

5.1 Premessa

L'analisi dei risultati delle indagini geotecniche effettuate di cui al capitolo 4 è principalmente rivolta a quelle relative alle verticali effettuate in corrispondenza della "Torre" e indirizzata alla definizione dei profili stratigrafici e alle caratteristiche di deformabilità dei vari strati di terreno da utilizzare per le analisi di cedimento.

Infatti, considerate le dimensioni della fondazione della torre, la natura e caratteristiche dei terreni di fondazione, nonché l'entità dei carichi applicati al terreno, non sussistono problemi di capacità portante.

Le caratteristiche di deformabilità degli strati a grana grossa (sabbie e ghiaie) sono desunte principalmente sulla base dell'interpretazione dei risultati delle prove Cross Hole; quelle degli strati a grana fine (limi sabbiosi) sono ricavate sulla base di un'analisi critica dei risultati conseguiti dall'interpretazione delle prove di laboratorio, delle prove Cross Hole e delle prove pressiometriche Menard.

5.2 Profilo stratigrafico

Come anticipato nel capitolo 3, l'area di futura costruzione risulta pianeggiante, con una quota del piano campagna compresa fra +234 e +235 m s.l.m..

Dalle misure piezometriche effettuate nei sondaggi, emerge che la falda è collocata a circa 15 m da piano campagna.

Sulla base delle indagini in sito e di laboratorio, il profilo stratigrafico nell'area di interesse risulta abbastanza uniforme e caratterizzato dalle seguenti unità.

Unità 0: da +234 m s.l.m. a +232÷231 m s.l.m. (spessore \cong 2÷3 m)

Tale unità comprende generalmente terreni rimaneggiati o materiali di riporto di natura prevalentemente ghiaioso-sabbiosa, talvolta con ciottoli. In alcuni sondaggi sono stati rinvenuti frammenti di solette in cls o di laterizi da attribuirsi a precedenti fabbricati, ora demoliti.

Unità 1a: da +232÷231 m s.l.m. +220 m s.l.m. (spessore \cong 11÷12 m)

Terreni costituiti prevalentemente da ghiaie eterometriche, con ciottoli, in abbondante matrice sabbiosa, non cementate (presumibilmente Olocene) .

Unità 2a: da +220 m s.l.m. +217÷215 m s.l.m. (spessore \cong 3÷5 m)

Terreni costituiti prevalentemente da sabbie medio/fini, non cementate (presumibilmente Olocene).

Unità 1b: da +217÷215 m s.l.m. +202 m s.l.m. (spessore \cong 13÷15 m)

Terreni costituiti prevalentemente da ghiaie eterometriche con ciottoli in abbondante matrice sabbiosa, debolmente cementate (presumibilmente Pleistocene).

Unità 2b: da +202 m s.l.m. +200÷198 m s.l.m. (spessore \cong 2÷4 m)

Terreni costituiti prevalentemente da sabbie e sabbie ghiaiose, non cementate (presumibilmente Pleistocene).

Unità 1c: da +200÷198 m s.l.m. +194÷195 m s.l.m. (spessore \cong 3÷6 m)

Terreni costituiti prevalentemente da ghiaie eterometriche con ciottoli in abbondante matrice sabbiosa, debolmente cementate.

Unità 3: da +194÷195 m s.l.m. +153÷154 m s.l.m.

Deposito con composizione granulometrica nettamente differenziata rispetto ai depositi sovrastanti, costituito prevalentemente da limi sabbiosi molto consistenti, presumibilmente sovraconsolidati meccanicamente e cementati (Villafranchiano);

Nella **tab.5.1** si riportano le profondità dal p.c. attuale e le quote del tetto di tale unità.

Tabella 5.1: Profondità dal p.c. e quota del tetto dell'Unità 3

Verticale indagine	Quota piano campagna (m s.l.m.)	Quota tetto Unità 3 (m s.l.m.)	Profondità tetto Unità 3 (m dal p.c.)
ST1	234.7	192.4	42.3
ST2	234.8	194.0	40.8
ST3	234.8	196.4	38.4
ST4	234.7	193.5	41.2
ST5	234.8	192.4	42.4
ST6	234.7	191.4	43.3
ST7	234.7	193.5	41.2
ST8	234.7	194.4	40.3
ST9	234.6	193.7	40.9
ST10	234.6	195.7	38.9
ST11	234.6	194.3	40.3
ST12	234.6	194.2	40.4
ST13	234.6	194.9	39.7

Sulla base delle quote riportate nella **tab.5.1**, parrebbe che vi sia una tendenza all'approfondimento del tetto dell'unità 3 procedendo da Nord verso Sud; la profondità media dal p.c. del tetto dell'unità 3 è infatti pari a circa 42 m nei sondaggi St1, St6 e St11 (posizionati a Nord) e pari a circa 39.5 m nei sondaggi St3, St8 e St13 (posizionati a Sud) (pendenza media sull'orizzontale pari a circa 4.5°).

Sulla base di tali considerazioni possono essere presi come riferimento per le analisi dei cedimenti i profili stratigrafici A e B riportati nelle **tabb.5.2** e **5.3**, rappresentativi della verticale con minore e maggiore spessore di materiale a grana grossa al di sopra dell'unità 3.

Tabella 5.2: Profilo stratigrafico di riferimento A caratterizzato dal minimo spessore di materiali a grana grossa soprastanti l'unità 3 (lato Sud della "Torre")

Unità	Profondità da p.c.	Spessore (m)	Descrizione
0	0 m - 3 m	3	Riporto sabbioso ghiaioso
1a	3 m - 13.5 m	10.5	Ghiaia e sabbia
2a	13.5 - 18 m	4.5	sabbia
1b	18 m - 31.5 m	13.5	Ghiaia e sabbia
2b	31.5 m - 35.5 m	4	sabbia
1c	35.5 m - 38.5	3	Ghiaia e sabbia
3	> 38.5	> 50	Limi sabbiosi
Quota p.c. attuale +234.5 m s.l.m.			

Tabella 5.3: Profilo stratigrafico di riferimento B caratterizzato dal massimo spessore di materiali a grana grossa soprastanti l'unità 3 (lato Nord della "Torre")

Unità	Profondità da p.c.	Spessore (m)	Descrizione
0	0 m - 3 m	3	Riporto sabbioso ghiaioso
1a	3 m - 13.5 m	10.5	Ghiaia e sabbia
2a	13.5 - 18 m	4.5	sabbia
1b	18 m - 31.5 m	13.5	Ghiaia e sabbia
2b	31.5 m - 35.5 m	4	sabbia
1c	35.5 m - 43.5	8	Ghiaia e sabbia
3	> 43.5	> 50	Limi sabbiosi
Quota p.c. attuale +234.5 m s.l.m.			

5.3 Caratteristiche di deformabilità

5.3.1 **Materiali a grana grossa (sabbie e ghiaie delle unità 1 e 2)**

5.3.1.1 **Modulo di Young a piccole deformazioni**

Il modulo di Young a piccole deformazioni (E_o), riferito allo stato tensionale efficace geostatico, è valutabile, sulla base dei profili di velocità delle onde di taglio V_s misurate con le prove Cross Hole (Figura 5 - 1), mediante la seguente espressione:

$$E_o = 2 \cdot (1 + \nu) \cdot \left(\frac{\gamma_t}{9.81} \cdot V_s^2 \right) \quad (1)$$

essendo:

γ_t = peso di volume naturale assunto pari a 19 kN/m³

ν = coefficiente di Poisson = 0.25.

I risultati ottenuti sono riportati nella Figura 5 - 2. Da tale figura risultano i seguenti valori rappresentativi per ogni unità:

- Unità 1a: E_o crescente linearmente da 350 MPa a 500 MPa;
- Unità 2a: E_o costante, pari a 200÷250 MPa;
- Unità 1b: E_o crescente linearmente da 1000 MPa a 1750 MPa;
- Unità 2b: E_o costante, pari a 500÷750 MPa;
- Unità 1c: E_o crescente linearmente da 1700 MPa a 2200 MPa.

Nella Figura 5 - 1 e nella Figura 5 - 2 sono riportati anche i valori di V_s e di E_o ottenuti dall'interpretazione delle prove SPT in accordo alla correlazione empirica proposta da [Ohta & Goto \(1978\)](#). Tale correlazione lega il numero di colpi N_{SPT} alla V_s secondo l'espressione riportata di seguito:

$$V_s = 67.3 \cdot (N_{60})^{0.171} \cdot (z)^{0.199} \cdot f_A \cdot f_G$$

essendo:

f_A = fattore dipendente dall'età dei terreni:

$f_A = 1.0$ per terreni depositati nell'Olocene;

$f_A = 1.3$ per terreni depositati nel Pleistocene;

f_G = fattore dipendente dalla granulometria dei terreni:

$f_G = 1.09$ per sabbie fini (Unità 2a e 2b);

$f_G = 1.45$ per ghiaie (Unità 1a, 1b e 1c).

Il confronto tra i valori di V_s e di E_0 ottenuti dalle prove Cross Hole e dall'interpretazione delle prove SPT appare buono in corrispondenza delle unità 1a, 2a, 2b e meno soddisfacente per le unità 1b e 1c.

In particolare per le unità 1b e 1c i valori di V_s e di E_0 ottenuti dalle prove Cross Hole sono significativamente superiori a quelli ricavati dall'interpretazione delle prove SPT.

Le due considerazioni sopra riportate lasciano presupporre che:

- I materiali delle unità 1 e 2 non sono mai stati sottoposti a pressioni verticali efficaci (σ_v') significativamente superiori a quelle attuali;
- I materiali delle unità 1b e 1c sono dotati di deboli legami di cementazione, come descritto nel paragrafo 5.2.

5.3.1.2 Moduli “operativi” per la valutazione dei cedimenti immediati

Per cedimenti immediati s'intendono quelli che avvengono in condizioni drenate, a breve termine, ovvero durante la fase di costruzione della torre.

I profili dei moduli di Young iniziali E_0 riportati nella Figura 5 - 2 non possono essere utilizzati direttamente per il calcolo dei cedimenti immediati delle fondazioni della torre con metodi semplificati che non tengono conto della non linearità di comportamento del materiale.

La non linearità di comportamento è legata essenzialmente a tre aspetti principali:

- Dipendenza del modulo dalla pressione efficace media di confinamento.
- Dipendenza del modulo dal livello di deformazione indotto; i moduli iniziali E_0 sono applicabili fino a livelli di deformazioni indotte inferiori a 1×10^{-5} ;

- Dipendenza del modulo dal percorso di sollecitazione; in particolare i moduli associabili a percorsi di “carico vergine” o di “primo carico” sono significativamente inferiori a quelli associabili a percorsi di “scarico-ricarico”.

Il **primo aspetto** può essere tenuto in conto adottando la seguente espressione:

$$E_o = E_{o,rif} \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'}{p_a} \right)^m \quad (2)$$

essendo:

$E_{o,rif}$ = costante del modulo

m = esponente del modulo = 0.5

p' = pressione efficace media corrente

p_a = pressione atmosferica = 100 kPa.

Il **secondo aspetto** può essere tenuto in conto dividendo il profilo di E_o per un opportuno coefficiente, stimato sulla base di procedure iterative tipo quella descritta in [Berardi \(1999\)](#), che, per una fondazione poggiate in prossimità del p.c., si articola nei seguenti passi:

- Assegnato un valore del cedimento s della fondazione, valutazione del rapporto tra il modulo di Young “operativo” E_{op}' ed il modulo di Young iniziale E_o sulla base della seguente espressione:

$$\frac{E_{op}'}{E_o} = 0.16 \cdot \left(\frac{s}{B} \cdot 100 \right)^{-0.4} \quad (3)$$

essendo:

B = dimensione minore della fondazione

- Con l'assegnato valore del cedimento s della fondazione, determinazione della pressione q , compatibile con il rapporto dei moduli valutato al punto precedente, con la seguente equazione:

$$q = \frac{s \cdot E_{op}^*}{B \cdot (1 - \nu^2) \cdot I_s} \quad (4)$$

essendo:

$l_s \cong 0.56 \div 0.67$ per fondazioni quadrate o con rapporto L/B inferiore a 3, essendo L la dimensione maggiore della fondazione della torre.

$$E_{op}^* = 0.16 \cdot E_o^* \cdot \left(\frac{s}{B} \right)^{-0.4} \quad (5)$$

E_o^* = modulo di Young iniziale valutato dalla Figura 5 - 2 a una profondità pari a B/2 al di sotto della quota di appoggio della fondazione.

- Ripetizione della procedura sopra indicata per altri valori del cedimento s della fondazione al fine di ottenere la curva q-s/B. Entrando con il valore della pressione media esercitata dalla fondazione (q_{media}) nella curva q-s/B si ottengono sequenzialmente il valore s/B ed il valore del rapporto E_{op}' / E_o .

Normalmente nel caso di fondazioni superficiali di dimensioni comparabili a quelli della "Torre", poggianti su terreni a grana grossa, che esercitano sul terreno pressioni dell'ordine di 500 kPa, si ottengono valori di E_{op}' / E_o dell'ordine di 0.3÷0.4.

Il profilo del modulo operativo di "primo carico" risulta pertanto pari a:

$$E_{PR} = E_{PR,rif} \cdot \left(\frac{p'}{p_a} \right)^m \quad \text{in MPa, per condizioni di primo carico} \quad (6)$$

essendo:

$$E_{PR,rif} = 0.3 \cdot E_{o,rif}$$

Il **terzo aspetto** può essere tenuto in conto moltiplicando il profilo di E_{PR} per un opportuno coefficiente pari ad almeno 2; il profilo del modulo operativo in condizioni di "scarico-ricarico" risulta pertanto pari a:

$$E_{UR} = E_{UR,rif} \cdot \left(\frac{p'}{p_a} \right)^m \quad \text{in MPa, per condizioni di scarico/ricarico} \quad (7)$$

essendo:

$$E_{UR,rif} = 2 \cdot 0.3 \cdot E_{o,rif}$$

In riferimento al **secondo** e **terzo** aspetto è possibile quindi calcolare i profili di modulo operativo di primo carico e di scarico-ricarico dal profilo del modulo di Young iniziale E_o valutato dalle prove Cross Hole, di cui si riportano i valori medi per

ogni strato in **tab. 5.4** ed i profili con la profondità rispettivamente in Figura 5 - 3 e in Figura 5 - 4.

Tabella 5.4: Modulo operativi da interpretazione prove Cross Hole

Unità stratigrafica	Da [m s.l.m.]	A [m s.l.m.]	E _{PR} [MPa]	E _{UR} [MPa]
Unità 1a	+231	+220	150	300
Unità 2a	+200	+216	185	370
Unità 1b	+216	+202	575	1150
Unità 2b	+202	+198	380	760
Unità 1c	+198	+195	700	1400

In riferimento al **primo aspetto** sopra definito, in Figura 5 - 3 ed in Figura 5 - 4 si riportano anche i profili dei moduli operativi calcolati rispettivamente applicando l'equazione (6) e l'equazione (7). In **tab.5.5** si riportano i valori delle costanti di riferimento E_{PR,rif} e E_{UR,rif} assunti nella definizione dei profili dei moduli operativi di primo carico e scarico-ricarico, come definiti nelle equazioni (6) e (7).

Tali profili si riferiscono alla condizione tensionale efficace geostatica calcolata come segue:

$$\sigma_{vo}' = \gamma_t \cdot z \quad \text{per } z < 15 \text{ m}$$

$$\sigma_{vo}' = \gamma_t \cdot 15 + \gamma_t' \cdot (z - 15) \quad \text{per } z > 15 \text{ m}$$

$$\sigma_{ho}' = K_o \cdot \sigma_{vo}'$$

$$K_o = 1 - \sin \varphi'$$

$$\varphi' = 35^\circ.$$

Tabella 5.5: Costanti del modulo

Unità stratigrafica	Da [m s.l.m.]	A [m s.l.m.]	E _{PR,rif} [MPa]	E _{UR,rif} [MPa]
Unità 1a	+231	+220	180	360
Unità 2a	+200	+216	140	280
Unità 1b	+216	+202	370	740
Unità 2b	+202	+198	220	440
Unità 1c	+198	+195	400	800

5.3.1.3 Valutazione dei cedimenti di “creep” a lungo termine

In accordo a [Burland & Burbidge \(1985\)](#), non si può escludere che nel tempo, dopo le fasi di costruzione della “Torre”, anche nei depositi a grana grossa, possano prodursi deformazioni di “creep”; in accordo agli autori suddetti, il cedimento a lungo termine, comprensivo delle deformazioni di “creep”, può essere stimato con la presente espressione:

$$s_t = s \cdot \left[1 + 0.3 + 0.2 \cdot \log_{10} \left(\frac{t}{3} \right) \right] \quad (8)$$

essendo:

s_t = cedimento al tempo t a partire dal termine della costruzione della torre

s = cedimento immediato valutato con i profili di deformabilità discussi nel paragrafo 5.3.1.2

t = tempo a partire dal termine della costruzione assunto pari a 3 anni.

A titolo di esempio, assumendo $t = 50$ anni, il cedimento a lungo termine risulta pari a 1.5 volte quello immediato avvenuto durante la costruzione.

5.3.2 Strati a grana fine (limi sabbiosi dell'Unità 3)

5.3.3 Premessa

Dopo una breve presentazione delle caratteristiche fisiche, la caratterizzazione dei terreni a grana fine (al di sotto di 40 m da p.c.) in termini di parametri di deformabilità viene effettuata sulla base di un'analisi critica dei risultati delle seguenti prove:

- Prove Cross Hole;
- Prove edometriche effettuate sui campioni prelevati nei sondaggi;
- Prove pressiometriche Menard.

La caratterizzazione viene completata con indicazioni in merito ai coefficienti di permeabilità.

5.3.4 Caratteristiche fisiche

Le caratteristiche fisiche dei materiali limoso sabbiosi sono riportate nelle seguenti figure:

- Figura 5 - 5: Curve granulometriche; si rileva che il contenuto in sabbia è superiore al 35% con massimi dell'ordine del 60%. In accordo a [Nocilla et al. \(2006\)](#) i materiali in esame sono particolarmente difficili da caratterizzare in quanto classificabili nell'ambito di quelli a comportamento intermedio tra le argille e le sabbie ("transitional materials").
- Figura 5 - 6: Peso di volume naturale γ ; i valori generalmente variano tra 19 e 20 kN/m³.
- Figura 5 - 7: Contenuto d'acqua naturale w_n ; i valori sono compresi fra il 20 ed il 25%.
- Figura 5 - 8: Limite liquido LL; i valori sono inferiori al 30%.
- Figura 5 - 9: Limite plastico LP; i valori sono pari al 20%.
- Figura 5 - 10: Indice plastico IP; i valori sono compresi fra 5 e 7%.
- Figura 5 - 11: carta di plasticità di Casagrande.
- Figura 5 - 12: Indice dei vuoti e_o valutato assumendo che il materiale in sito sia saturo; i valori risultano compresi fra 0.5 e 0.65.

5.3.5 Moduli di deformabilità

5.3.5.1 Prove Cross Hole

Le caratteristiche di deformabilità dei materiali costituenti l'unità 3 possono essere dedotte sulla base dei criteri descritti nel paragrafo 5.3.1. In particolare il modulo di Young a piccole deformazioni (E_o), riferito allo stato tensionale efficace geostatico, è valutabile mediante l'equazione (1).

I moduli di Young iniziali (E_o), operativi di "primo carico" (E_{PR}) e operativi di "scarico-ricarico" (E_{UR}), riferiti alla pressione efficace media corrente (p'), sono

valutabili con le equazioni (2), (6) e (7). Nel caso specifico, a favore di sicurezza, si adotterà:

$$E_{PR,rif} = 0.1 \cdot E_{o,rif}$$

$$E_{UR,rif} = 0.2 \cdot E_{o,rif}$$

I profili dei moduli E_o , E_{PR} e E_{UR} sono riportati rispettivamente nella Figura 5 - 13, nella Figura 5 - 14 e nella Figura 5 - 15. I valori dei moduli di riferimento $E_{o,rif}$, $E_{PR,rif}$ e $E_{UR,rif}$ risultano pari a:

$$E_{o,rif} = 670 \text{ MPa}$$

$$E_{PR,rif} = 67 \text{ MPa}$$

$$E_{UR,rif} = 134 \text{ MPa.}$$

Si rileva che i profili di modulo riportati rispettivamente nella Figura 5 - 13, nella Figura 5 - 14 e nella Figura 5 - 15 si riferiscono alla condizione tensionale efficace geostatica calcolata ipotizzando un coefficiente di spinta del terreno a riposo $K_o = 2.5$ sulla base delle argomentazioni di seguito esposte.

E' interessante osservare che il profilo di E_o ricavato dai risultati delle prove Cross Hole è significativamente superiore a quello che può essere ottenuto applicando le correlazioni empiriche riportate nella letteratura tecnica. Se si fa riferimento ad esempio a [Kramer \(1996\)](#) risulterebbe infatti quanto segue:

$$G_0 = 625 \cdot \left(\frac{1}{0.3 + 0.7 \cdot e^2} \right) \cdot p_a^{0.5} (p')^{0.5} \quad (9)$$

essendo:

$$e = 0.6$$

p_a = pressione atmosferica di riferimento = 100 kPa

$$p' = [(1+2 \cdot k_0)/3] \cdot \sigma'_v$$

k_0 = coefficiente di spinta a riposo.

I risultati ottenuti applicando l'equazione (9) per terreni normalmente consolidati ($OCR = 1$) e per terreni molto sovraconsolidati ($OCR = 25$) sono messi a confronto con quelli sperimentali nella Figura 5 - 13.

Anche adottando $OCR = 25$ i valori di E_o sperimentali sono significativamente superiori a quelli ottenuti applicando l'equazione (9). A parere degli scriventi gli elevati valori di E_o ottenuti con le prove Cross Hole possono essere quindi imputabili alla concomitanza dei seguenti due aspetti:

- Un'elevata sovraconsolidazione meccanica ($OCR > 25$);
- La presenza di legami di cementazione.

A valori di $OCR = 25$ corrisponderebbero valori di K_0 maggiori di 1; applicando l'equazione $K_0 = (1 - \sin \varphi') \cdot \sqrt{OCR}$ e assumendo $\varphi' = 30^\circ$ si ottiene infatti $K_0 = 2.5$.

5.3.5.2 Prove edometriche

Le prove edometriche disponibili sono influenzate in maniera rilevante dal disturbo indotto dal campionamento. Ciò si evince dal fatto che le deformazioni assiali ε_a^* misurate nella fase di ricomprensione fino alla tensione verticale efficace σ_{vo}' sono molto elevate (vedi la **tab.5.6**).

I moduli edometrici corrispondenti all'intervallo di carico immediatamente superiore a σ_{vo}' determinati dalle prove edometriche sono pertanto largamente sottostimati, come evidenziato nella Figura 5 - 14 e nella Figura 5 - 15 ove sono messi a confronto con quelli E_{PR} e E_{UR} ottenuti dall'interpretazione delle prove Cross Hole.

Tabella 5.6: Valori della deformazione assiale ε_a^* in prova edometrica alla pressione efficace σ_{vo}'

Provino	Campione	Profondità da p.c. attuale (m)	σ_{vo}' (kPa)	ε_a^* (%)
ST1	ioo28	68.25	790	11.55
ST2	ioo36	52.3	630	9.5
ST3	ioo37	49.75	609	9.5
ST4	ioo29	51.75	626	8.5
ST5	ioo39	48.25	590	8.5
ST7	ioo38	63.25	741.5	7.0
ST8	ioo70	64.35	729	10.5
ST10	ioo71	48.25	584	10.0

Nel tentativo di rimediare all'effetto disturbo indotto dal campionamento, le curve edometriche sperimentali sono state corrette in accordo alla procedura suggerita da [Schmertmann \(1953\)](#); in particolare, nel caso specifico, si è operato come segue:

- Per ciascun edometro rappresentato nella Figura 5 - 16, nella Figura 5 - 17 e nella Figura 5 - 18, la linea di compressione caratteristica del comportamento del materiale indisturbato in sito nel campo di pressioni superiori a σ_{vy}' è stata fatta passare per i seguenti due punti:

- Punto A collocato sul proseguimento della linea di compressione sperimentale nel piano e - $\log \sigma_v'$ di coordinate ($e_2 = 0.42 \cdot e_o$; σ_{v2}')
- Punto B di coordinate ($e_1 = e_o$; $\sigma_{vo1}' \cong \sigma_{vy}' = r \cdot \sigma_{vo}'$)

essendo:

e_o = indice dei vuoti iniziale in sito

σ_{vo}' = pressione verticale efficace geostatica

σ_{vy}' = pressione di soglia critica, al di sopra della quale vengono indotte deformazioni visco-plastiche irreversibili

r = coefficiente empirico; in assenza di dati sperimentali, peraltro di difficile determinazione, al coefficiente r viene assegnato un valore pari a 1.3.

Il coefficiente di compressione C_c corretto, applicabile per pressioni superiori a $\sigma_{vy}' = 1.3 \cdot \sigma_{vo}'$, è pertanto pari a:

$$C_c = \frac{e_o - 0.42 \cdot e_o}{\log \sigma_{v2}' - \log \sigma_{vo1}'} \quad (10)$$

- Il coefficiente di ricomprensione C_r , caratteristico del comportamento del materiale indisturbato in sito nel campo di pressioni comprese tra σ_{vo}' e $\sigma_{vy}' = 1.3 \cdot \sigma_{vo}'$ è assunto pari a $C_c/5$.
- Il coefficiente di "scarico-ricarico" C_{UR} , caratteristico del comportamento del materiale indisturbato in sito nel campo di pressioni comprese tra $\sigma_v' < \sigma_{vo}'$ e σ_{vo}' è assunto pari a $C_c/10$.

I risultati conseguiti sono pari a:

- $C_c = 0.29 \div 0.33$ con valor medio pari a 0.31
- $C_r = 0.058 \div 0.066$ con valor medio pari a 0.062
- $C_{UR} = 0.029 \div 0.033$ con valor medio pari a 0.031

Ai coefficienti C_c , C_r e C_{UR} possono essere associati i seguenti moduli di Young operativi:

$$E_{\sigma_v' \geq \sigma_{vy}'} = \frac{0.8 \cdot p'}{0.435 \cdot \left(\frac{C_c}{1+e_0} \right)} \quad \text{per } \sigma_v' > \sigma_{vy}' = 1.3 \cdot \sigma_{vo}' \quad (11a)$$

$$E_{PR} = \frac{0.8 \cdot p'}{0.435 \cdot \left(\frac{C_r}{1+e_0} \right)} \quad \text{per } \sigma_{vo}' < \sigma_v' < \sigma_{vy}' = 1.3 \cdot \sigma_{vo}' \quad (11b)$$

$$E_{UR} = \frac{0.8 \cdot p'}{0.435 \cdot \left(\frac{C_{UR}}{1+e_0} \right)} \quad \text{per } \sigma_v' < \sigma_{vo}' \quad (11c)$$

essendo p' la pressione media efficace.

Nella Figura 5 - 14 e nella Figura 5 - 15 i moduli E_{PR} e E_{UR} , corrispondenti a pressioni efficaci medie pari a quelle geostatiche, ottenuti applicando le equazioni (11b) e (11c) sono messi a confronto con quelli ottenuti dall'interpretazione delle prove Cross Hole.

5.3.5.3 Prove pressiometriche Menard

Le prove pressiometriche Menard sono state effettuate prevedendo anche un ciclo di scarico-ricarico.; esse pertanto forniscono due valori dei moduli di Young; il primo si riferisce a condizioni di "primo carico"; il secondo si riferisce a condizioni di "scarico-ricarico".

Poiché nel tratto a comportamento prevalentemente elastico la pressione efficace media rimane pressoché costante, tali valori di modulo sono associabili a stati tensionali prossimi a quelli caratteristici delle condizioni geostatiche; come tali essi sono messi a confronto nella Figura 5 - 14 e nella Figura 5 - 15 con quelli ottenuti dall'interpretazione delle prove Cross Hole e delle prove edometriche.

5.3.5.4 Commenti conclusivi

Sulla base di quanto riportato nei paragrafi 5.3.5.2 e 5.3.5.3. si rileva quanto segue:

- I moduli E_{PR} ed E_{UR} ottenuti dall'interpretazione delle prove edometriche corrette sono ancora significativamente inferiori ricavati dalle prove Cross Hole;
- I moduli E_{PR} ottenuti dall'interpretazione delle prove edometriche corrette sono comparabili ai moduli ricavati dalle prove pressiometriche Menard;
- I moduli E_{UR} ottenuti dall'interpretazione delle prove edometriche corrette sono inferiori ai moduli ricavati dalle prove pressiometriche Menard;
- I moduli E_{PR} ed E_{UR} ottenuti dalle prove pressiometriche Menard sono significativamente inferiori a quelli ricavati dalle prove Cross Hole.

I motivi per cui i moduli E_{PR} e E_{UR} ottenuti dall'interpretazione delle prove edometriche corrette e dalle prove pressiometriche Menard sono significativamente inferiori a quelli ricavati dalle prove Cross Hole sono imputabili a diversi fattori difficilmente quantificabili, fra cui:

- Disturbo del terreno generato dal campionamento o dall'esecuzione del foro per le prove Menard;
- Deformabilità delle attrezzature per prove edometriche e pressiometriche; per terreni molto "rigidi" come quelli in esame tale aspetto può essere molto rilevante;
- Livelli di deformazione indotti non comparabili nei tre tipi di prove.

In questa sede si suggerisce di prendere come riferimento i moduli derivanti dalle prove pressiometriche Menard.

Riassumendo, si adotteranno pertanto le seguenti espressioni:

$$E_{\sigma_v' \geq \sigma_{vo}'} = \frac{0.8 \cdot p'}{0.435 \cdot \left(\frac{C_c}{1 + e_0} \right)} \quad \text{per } \sigma_v' > \sigma_{vy}' = 1.3 \cdot \sigma_{vo}' \quad (12a)$$

$$E_{PR} = \frac{0.8 \cdot p'}{0.435 \cdot \left(\frac{C_r}{1 + e_0} \right)} \quad \text{per } \sigma_{vo}' < \sigma_v' < \sigma_{vy}' = 1.3 \cdot \sigma_{vo}' \quad (12b)$$

$$E_{UR} = \frac{2 \cdot 0.8 \cdot p'}{0.435 \cdot \left(\frac{C_{UR}}{1 + e_0} \right)} \quad \text{per } \sigma_v' < \sigma_{vo}' \quad (12c)$$

Si osserva in questa sede che i valori dei moduli di riferimento risultano dello stesso ordine di grandezza di quelli definiti in fase di Progetto Preliminare.

In relazione alla scelta effettuata sui moduli "operativi" di calcolo, presumibilmente sottostimati, si ritiene di non dover tenere conto del contributo indotto da deformazione offerto da fenomeni di "creep".

5.3.6 Coefficienti di permeabilità

Sulla base della composizione granulometrica e delle caratteristiche di plasticità, ai limi sabbiosi dell'unità 3 può essere attribuito un coefficiente di permeabilità compreso fra $5 \cdot 10^{-8}$ e $1 \cdot 10^{-9}$ m/s.

6. CONCLUSIONI

Sulla base di quanto discusso nei precedenti capitoli, possono essere tratte le seguenti conclusioni utili per le analisi dei cedimenti della "Torre".

1. I profili stratigrafici di riferimento sono riassunti nelle **Tabb. 5.2 e 5.3**.
2. Il comportamento sia dei terreni a grana grossa (Unità 1 e 2) sia dei terreni dei terreni a grana fine (Unità 3) non è lineare, dipendendo sia dalla pressione efficace di confinamento sia del livello deformazionale/tensionale indotto.

La definizione dei moduli "operativi" viene a dipendere quindi anche dal modello costitutivo con cui viene condotta l'analisi.

Nel caso di adozione di modelli costitutivi elastici lineari può essere adottata la seguente strategia:

➤ **Analisi di prima stima:**

- Fase di carico 1: Fino a pressioni esercitate dalla platea di fondazione sul terreno pari a quelle che compensano l'alleggerimento dovuto agli scavi ($\approx \sigma'_{v0}$) si adottano i moduli E_{UR} .
 - Per le Unità 1 e 2 si farà riferimento alla Figura 5 - 4;
 - Per le Unità 3 si farà riferimento alla Figura 5 - 15 ed all'equazione 12(c) con $p' = p'_0$ essendo p'_0 la pressione media efficace geostatica.
- Fase di carico 2: Per pressioni esercitate dalla platea di fondazione superiori a σ'_{v0} :
 - Per le Unità 1 e 2 si farà riferimento ai moduli E_{PR} riportati in Figura 5 - 3;
 - Per le Unità 3:
 - Fase 2a - $\sigma'_{v0} < \sigma'_v < 1.3 \cdot \sigma'_{v0}$: Adozione dei moduli E_{PR} ; si farà riferimento alla Figura 5 - 14 e all'equazione 12(b) con $p' = p'_0$ essendo p'_0 la pressione media efficace geostatica;
 - Fase 2b - $1.3 \cdot \sigma'_{v0} < \sigma'_v < \sigma'_f$: Adozione dei moduli E dati dall'equazione 12(a) con $p' = p'_0$ essendo p'_0 la pressione

media efficace geostatica. σ'_f può essere stimata ricorrendo alle note soluzioni elastiche (Boussinesq).

➤ **Analisi di seconda stima:**

Sulla base dei risultati ottenuti dall'analisi di prima stima è possibile valutare le pressioni efficaci medie prima e dopo l'applicazione del carico relativo alle varie fasi ed aggiornare i profili dei moduli introducendo nelle equazioni il seguente valore di p' :

$$p' = \frac{p'_1 + p'_2}{2}$$

essendo:

p'_{1} = pressione efficace media prima dell'applicazione del carico relativo alla specifica fase;

p'_{2} = pressione efficace media dopo dell'applicazione del carico relativo alla specifica fase.

Nel caso di adozione di modelli costitutivi tipo Hardening Soil o Cam Clay implementati in codici di calcolo quali Plaxis o Flac gli aspetti sopra evidenziati sono in gran parte automaticamente messi in conto.

7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Berardi R. (1999) "Non linear elastic approaches in foundation design" Pre-failure Deformation Characteristics of Geomaterials, vol.1, Jamiolkowski, Lancellotta & Lo Presti editors, 733-739.
- Burland J.B., Burbidge M.C. (1985) "Settlement of foundations on sand and gravel" Proc. ICE, Part 1.
- Kramer S.L. (1996) "Geotechnical Earthquake Engineering" Prentice Hall International Series in Civil Engineering and Engineering Mechanics.
- Nocilla A., Coop M.R., Colleselli F. (2006) " The mechanics of an Italian silt: an example of "transitional" behaviour" Géotechnique 56, n° 4, 261-271.
- Ohta Y., Goto N. (1978) "Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristic soil indexes" Earthquake Engineering and Structural Dynamics, vol.6.
- Schmertmann, J.H. (1953). Estimation the true consolidation behavior of clay from laboratory test results. Trans. ASCE, 118, 311, 1-25.

FIGURE



è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

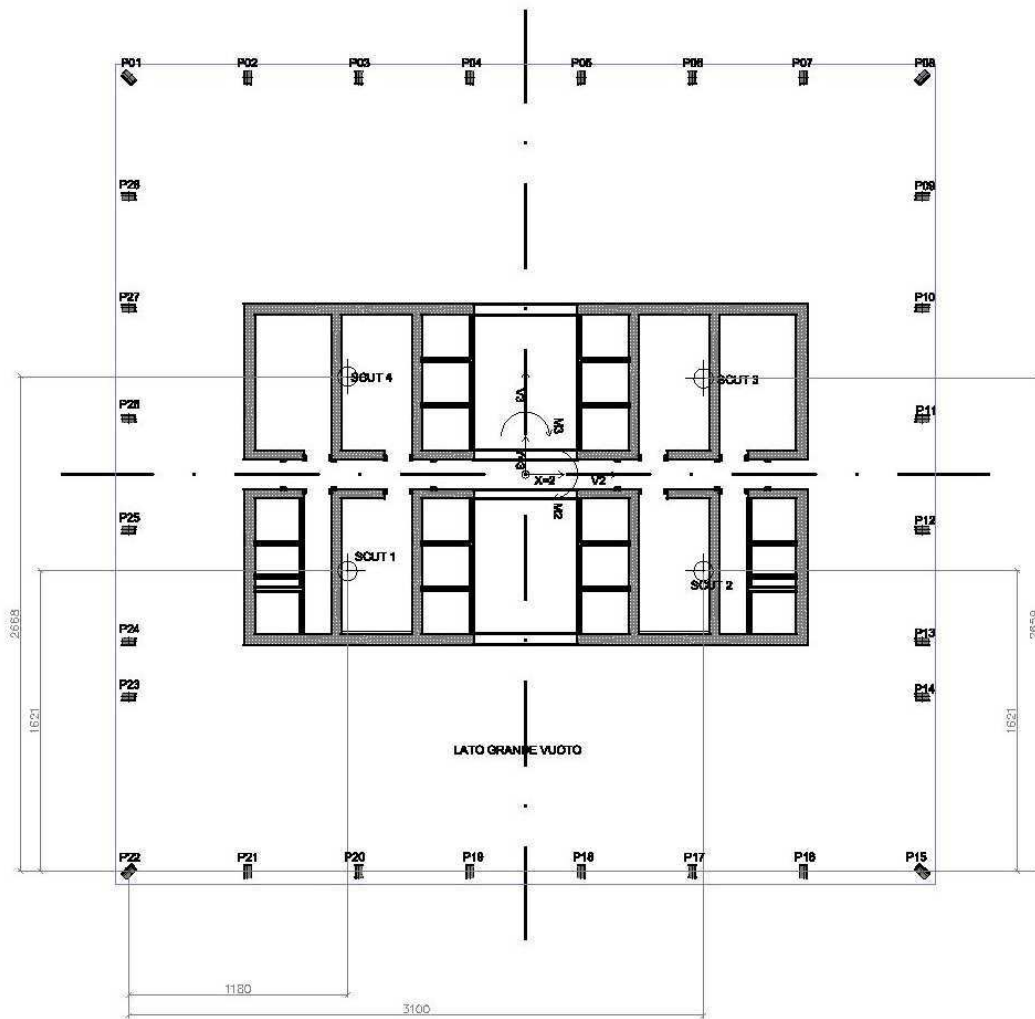


Figura 3- 1: Planimetria della struttura a livello platea

Nuovo Palazzo della Regione Piemonte - Torino
Valori di Vs da CH e da interpretazione prove SPT

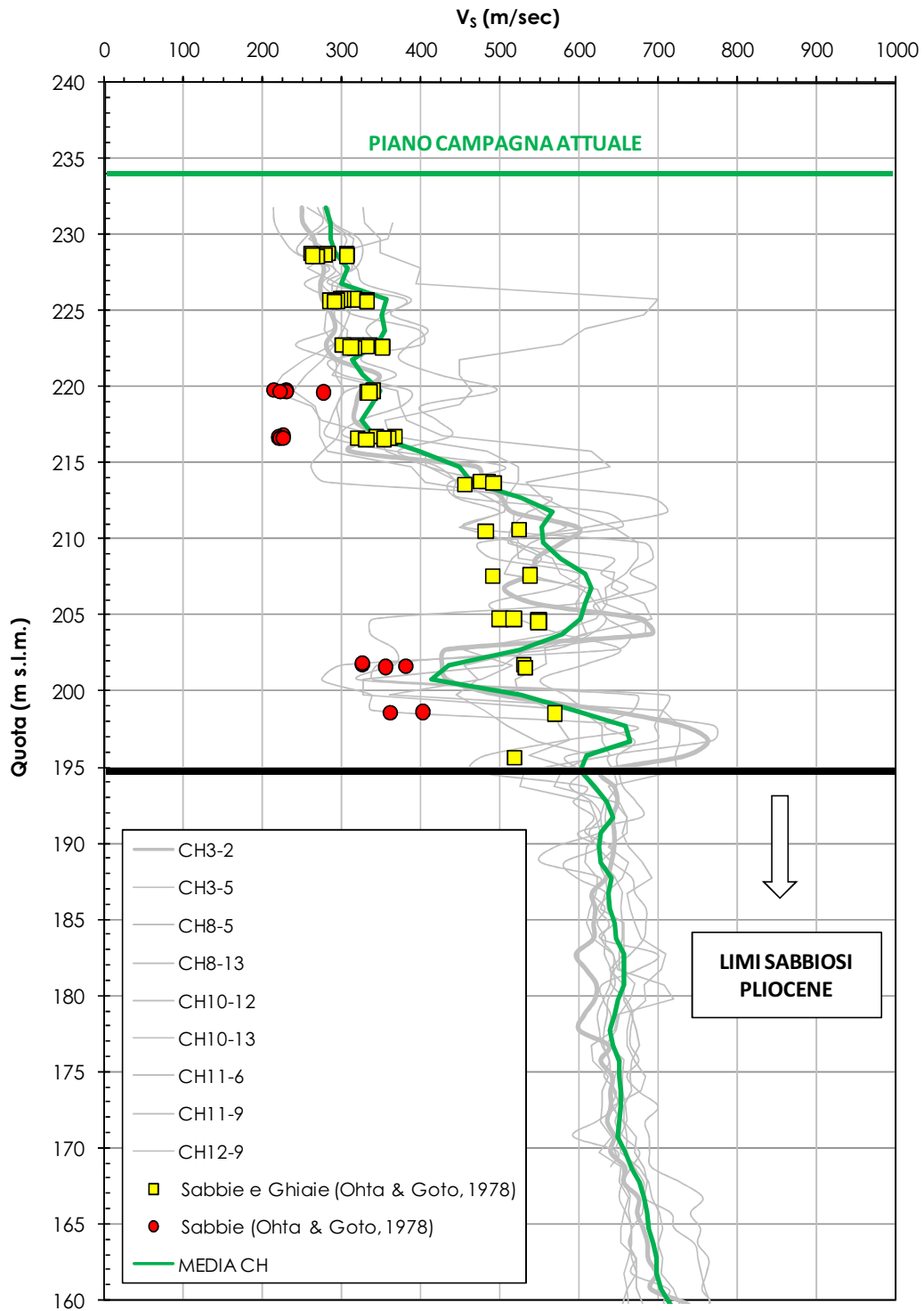


Figura 5 - 1 – Profilo delle velocità delle onde di taglio V_s da prove Cross Hole e da interpretazione prove SPT

Nuovo Palazzo della Regione Piemonte - Torino
Moduli di Young E_0

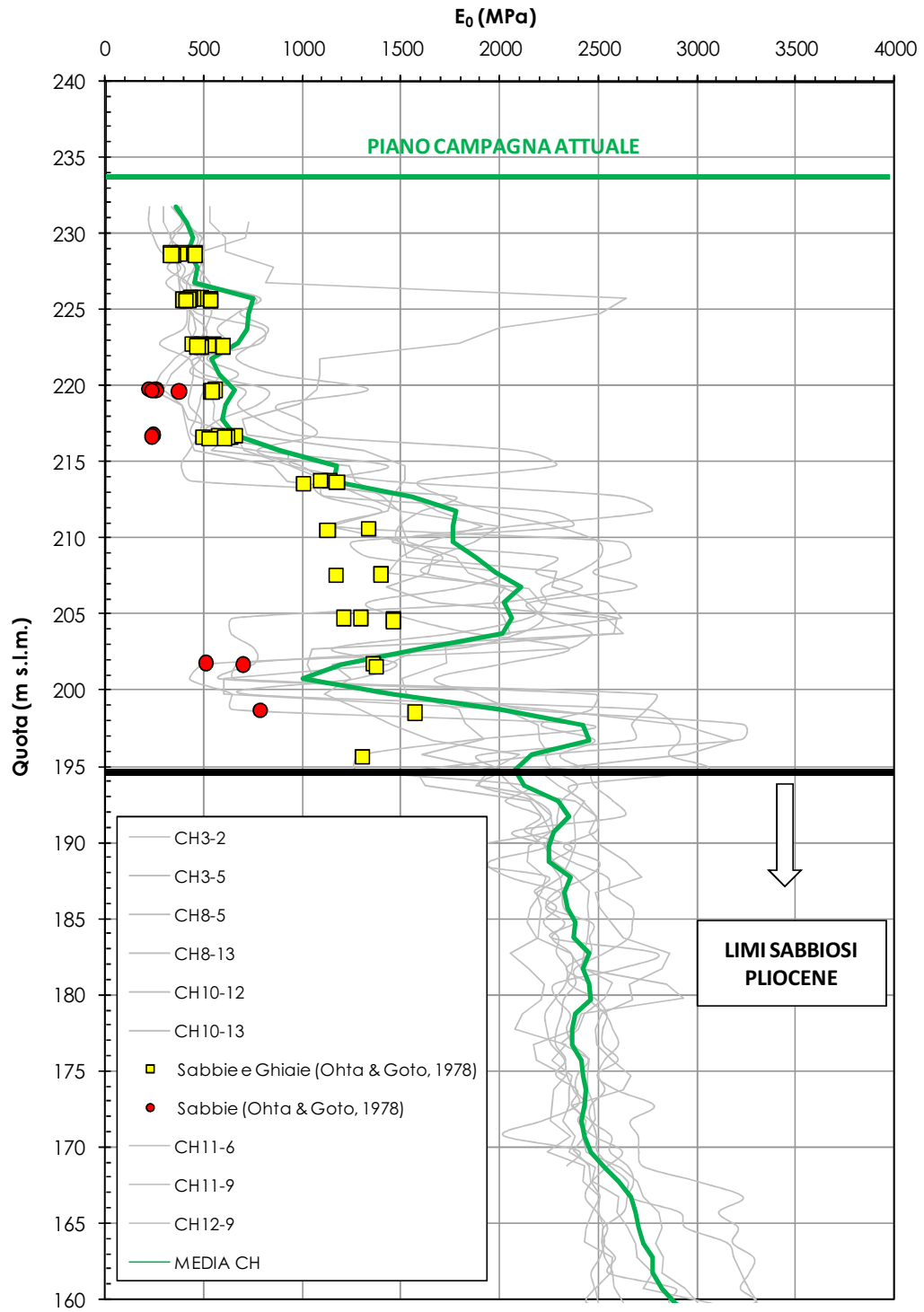


Figura 5 - 2 – Profilo del modulo di Young iniziale E_0 da prove Cross Hole e da interpretazione prove SPT

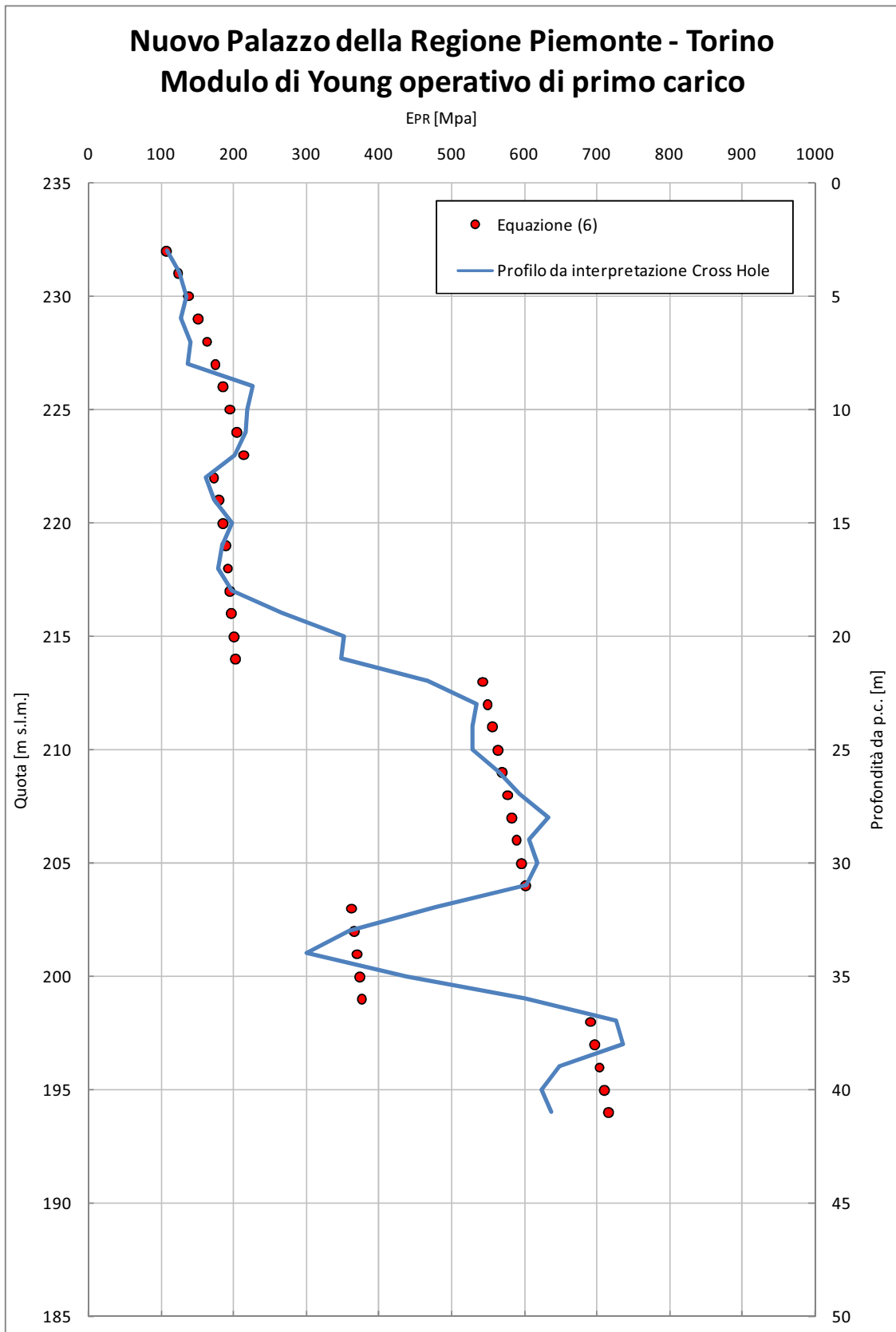


Figura 5 - 3 – Unità 1 e 2: Modulo di Young operativo di primo carico calcolato da Eq.(6)

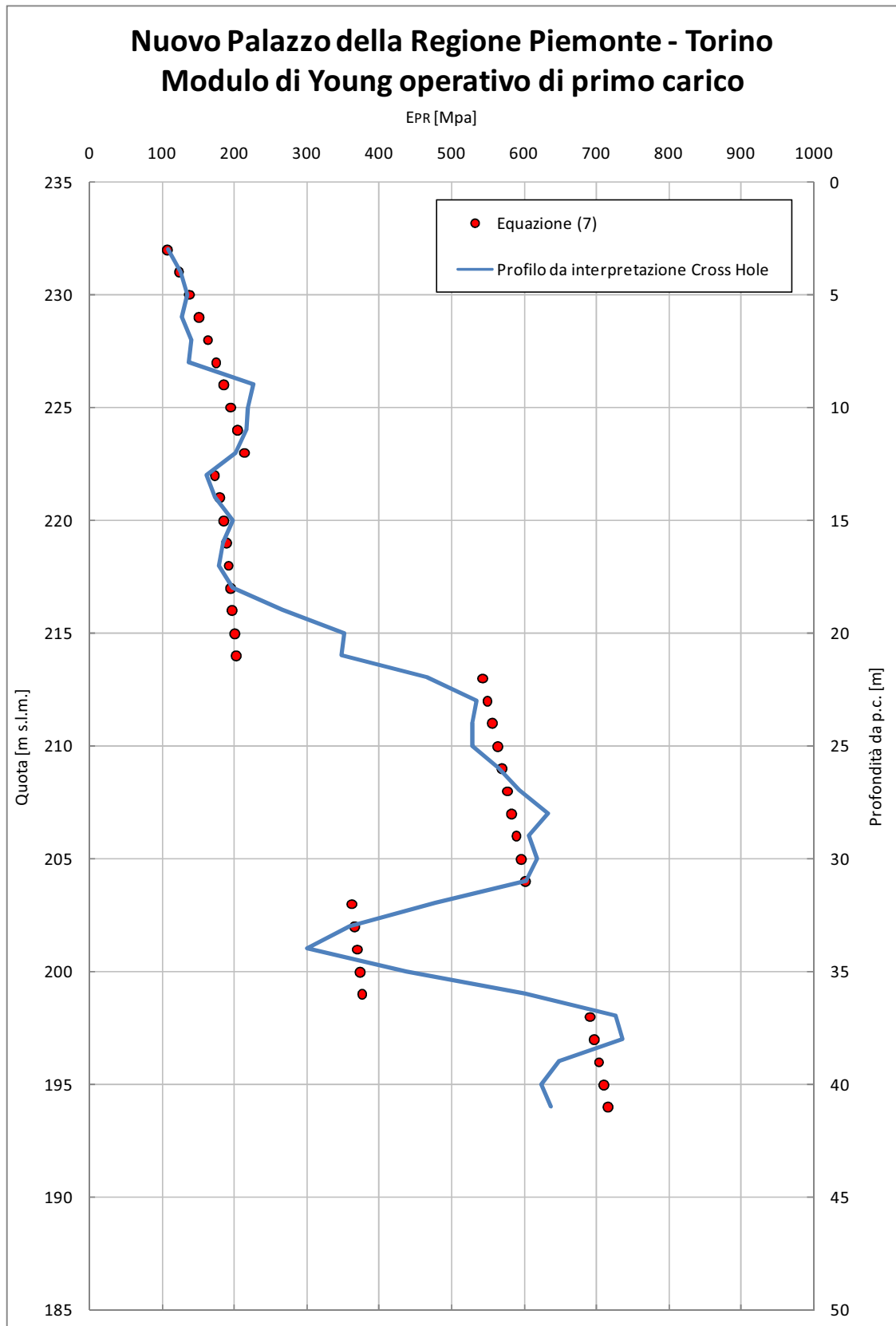


Figura 5 - 4 – Unità 1 e 2: Modulo di Young operativo di scarico/ricarico calcolato da Eq.(7)

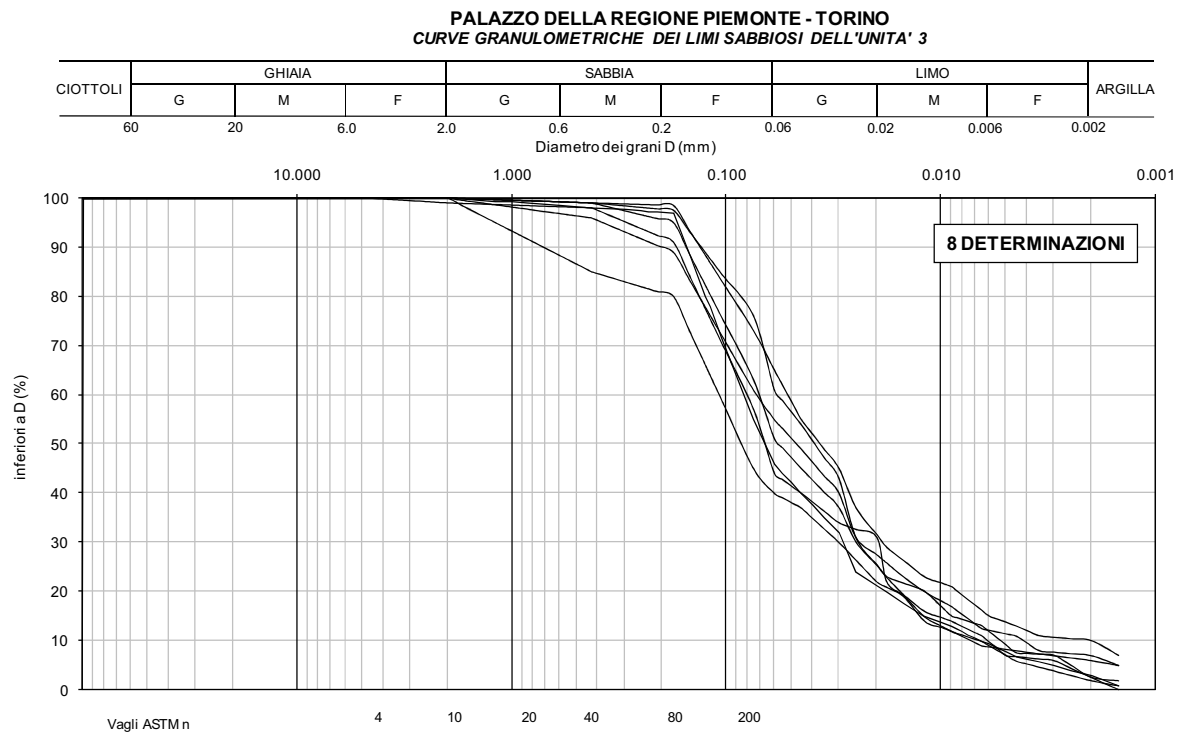


Figura 5 - 5: Curve granulometriche Unità 3

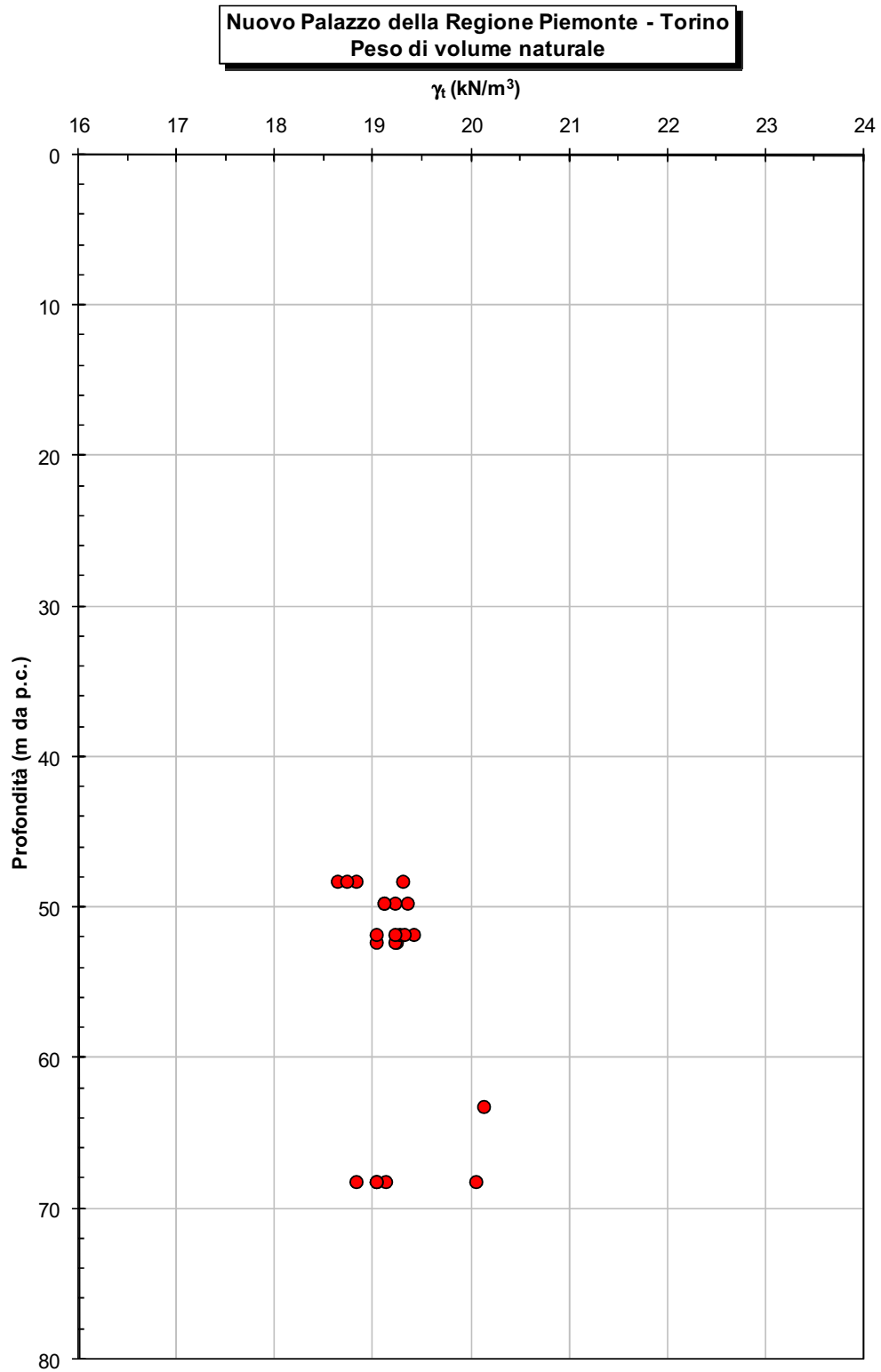


Figura 5 - 6: Peso di volume naturale – Unità 3

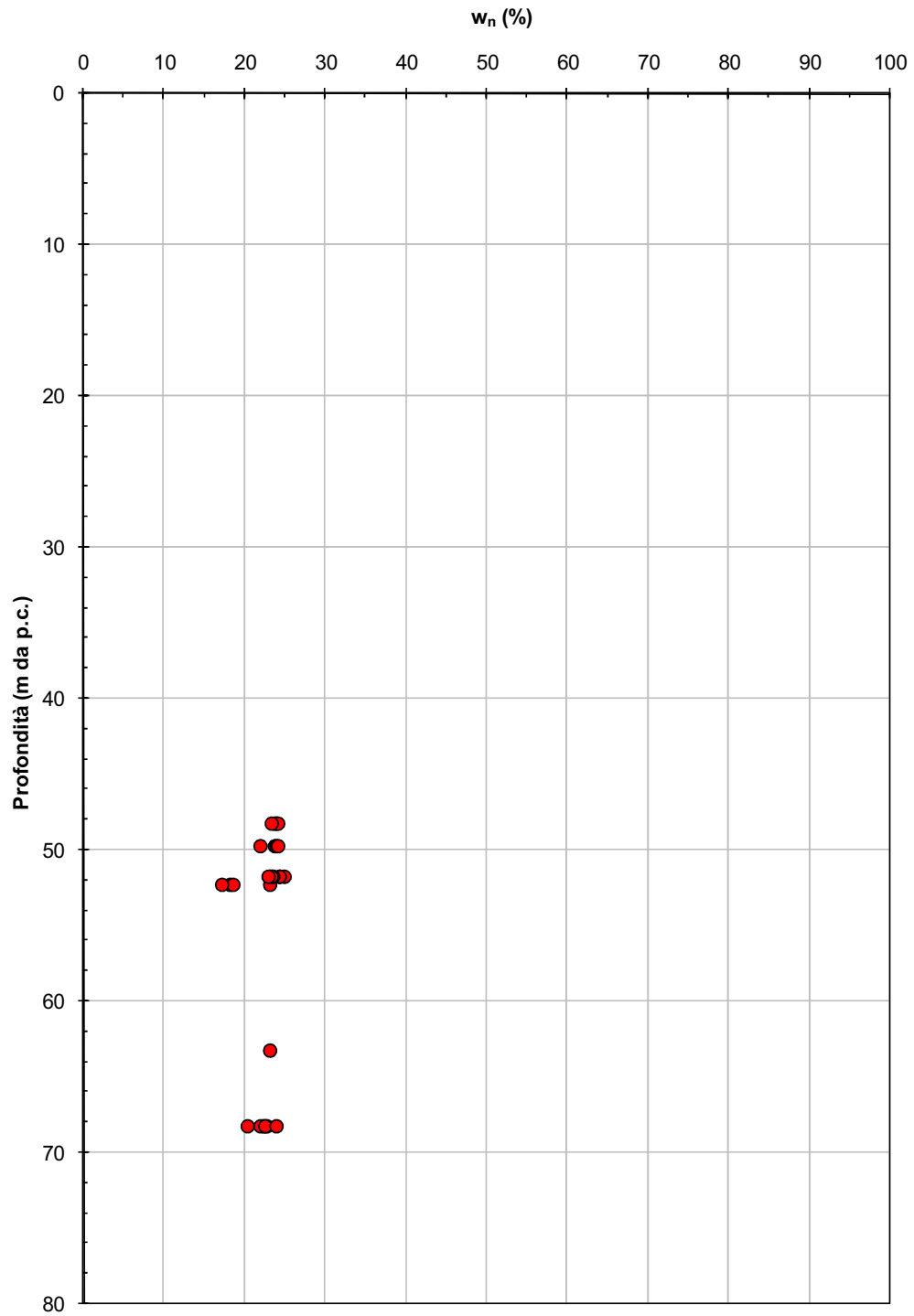
**Nuovo Palazzo della Regione Piemonte - Torino
Contenuto d'acqua naturale**

Figura 5 - 7: Contenuto d'acqua naturale – Unità 3

Nuovo Palazzo della Regione Piemonte - Torino
Limite liquido

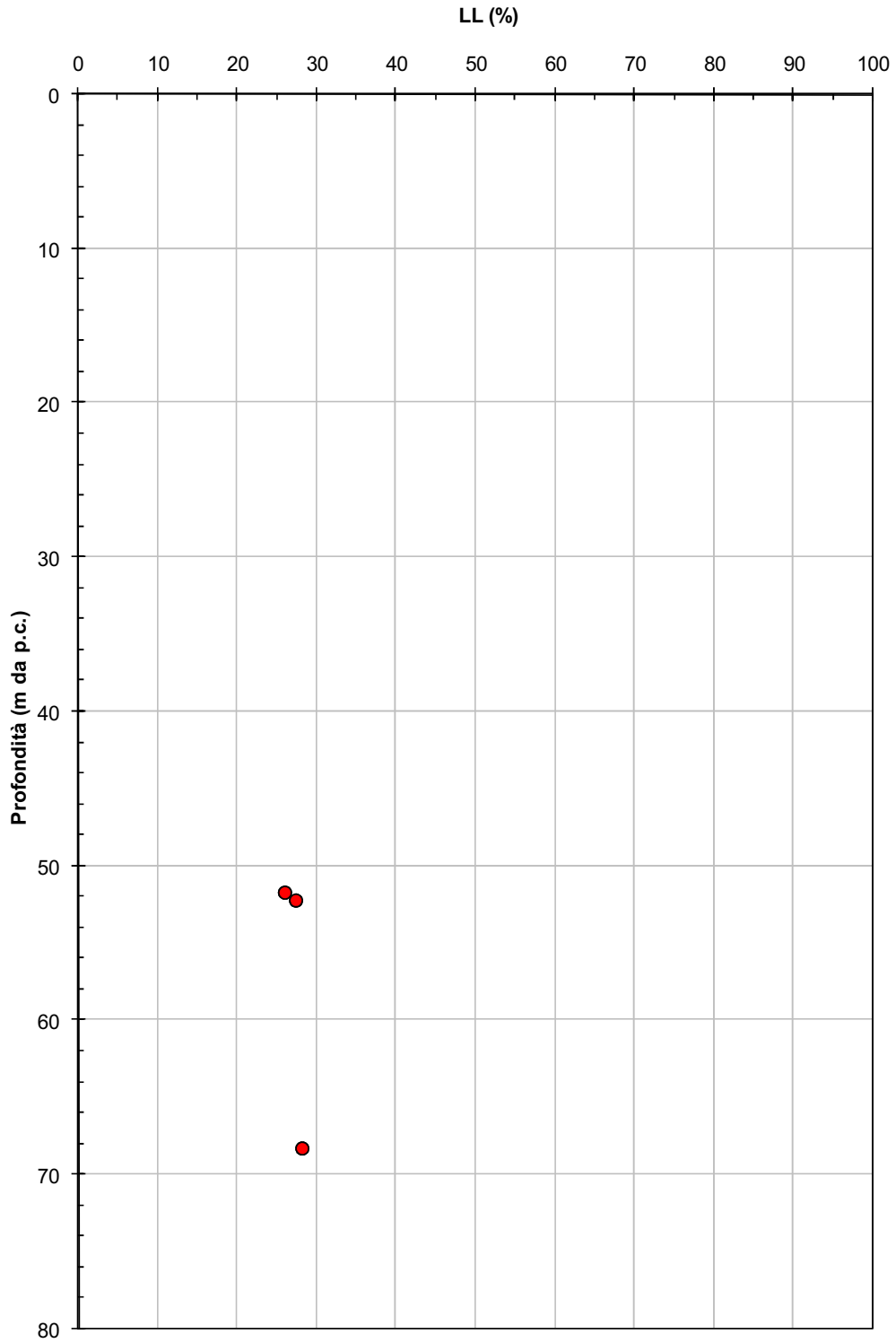


Figura 5 - 8: Limite liquido – Unità 3



**Nuovo Palazzo della Regione Piemonte - Torino
Limite Plastico**

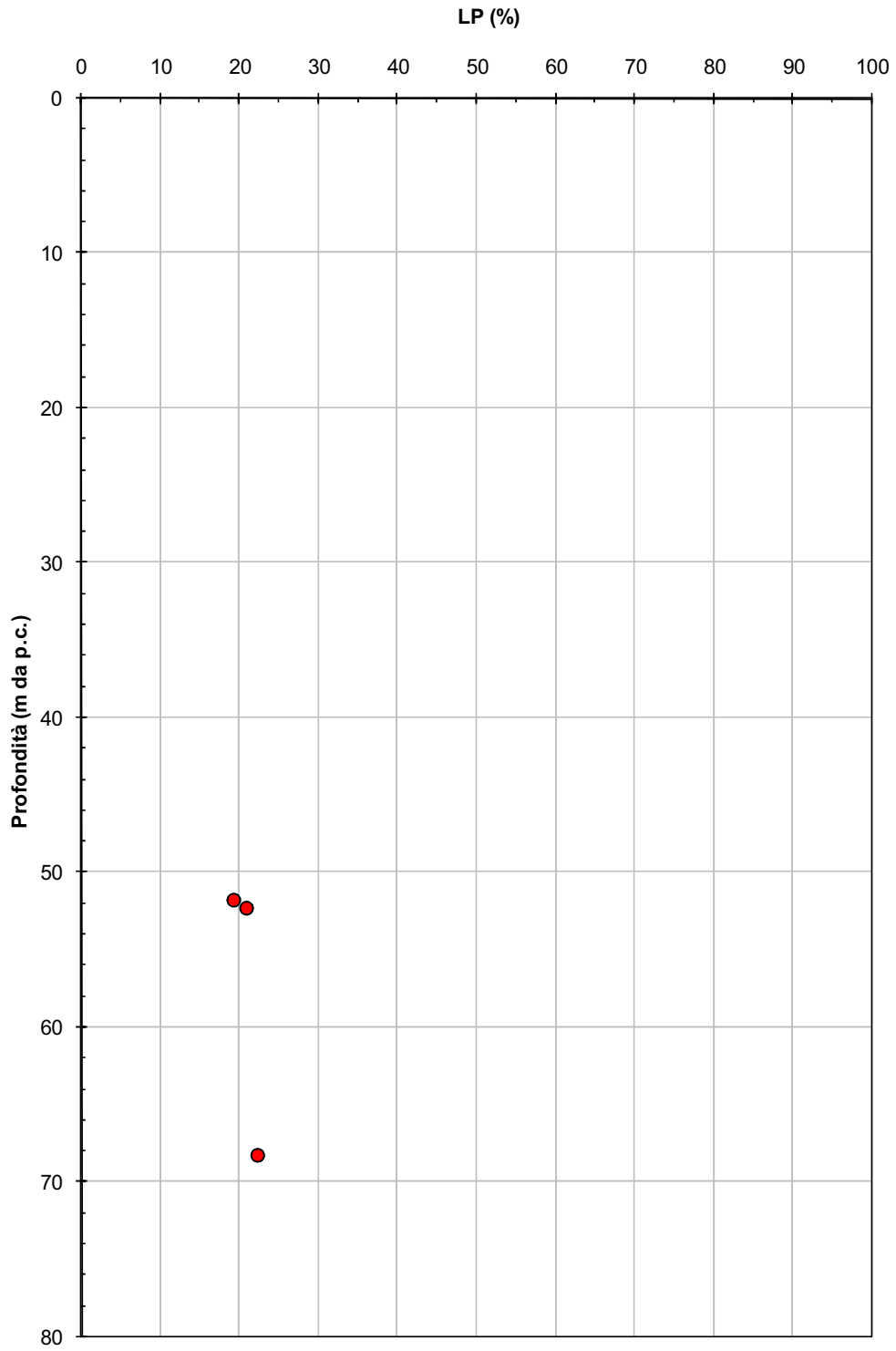


Figura 5 - 9: Limite plastico – Unità 3



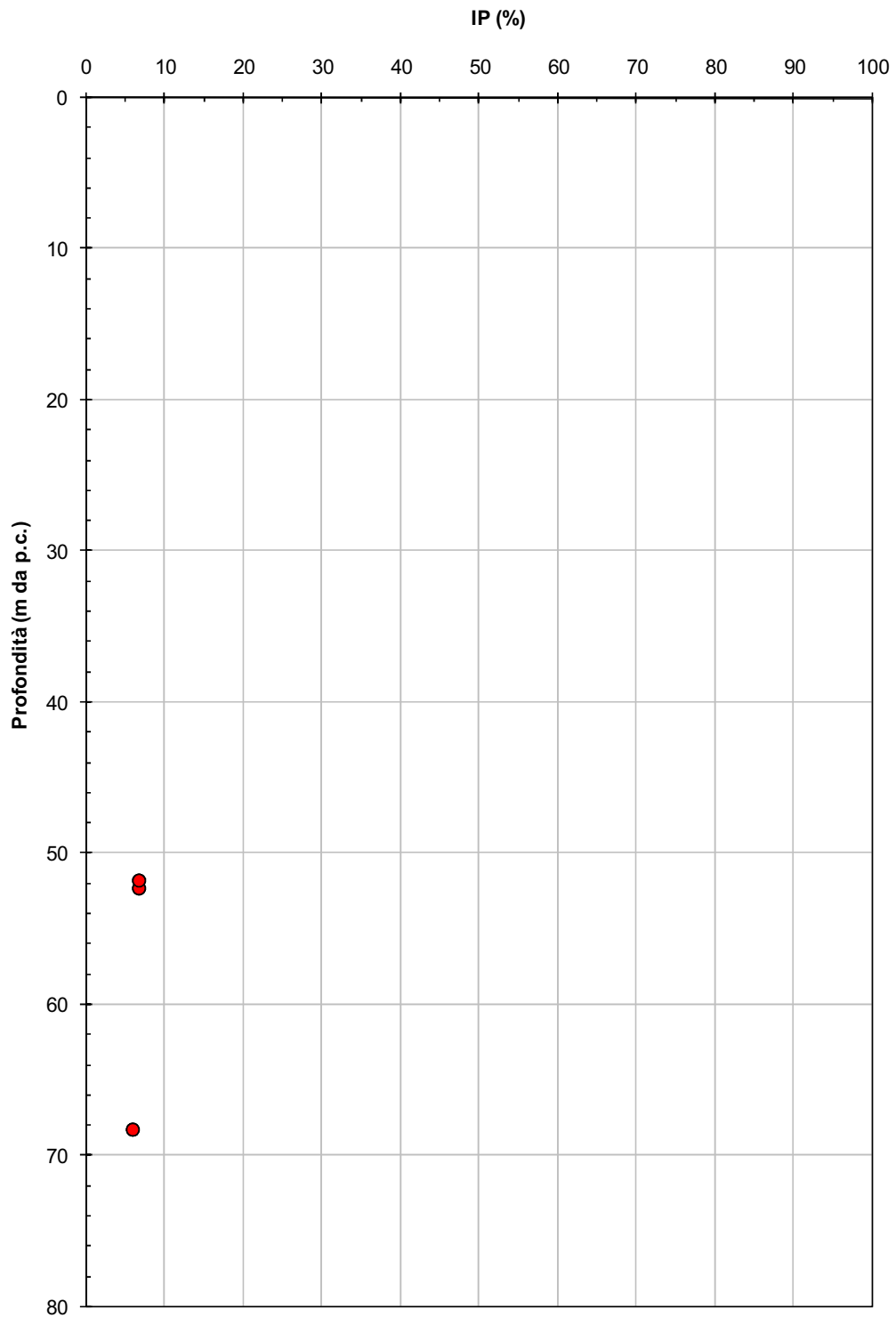
Nuovo Palazzo della Regione Piemonte - Torino
Indice di Plasticità

Figura 5 - 10: Indice di plasticità – Unità 3

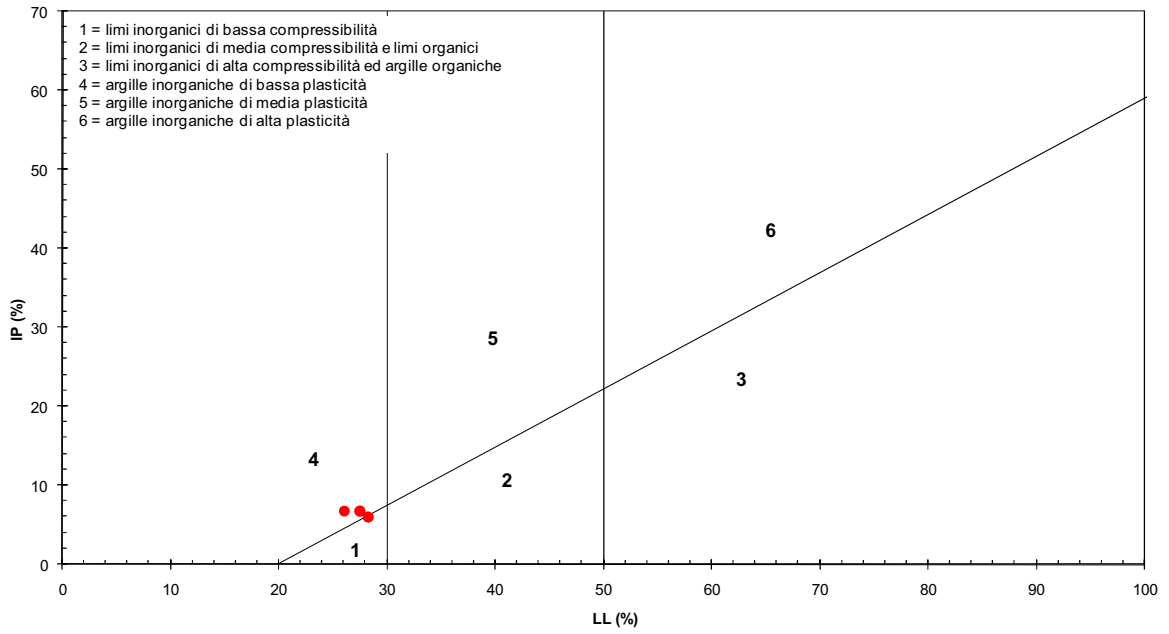
Carta di Casagrande

Figura 5 - 11: Carta di Casagrande – Unità 3

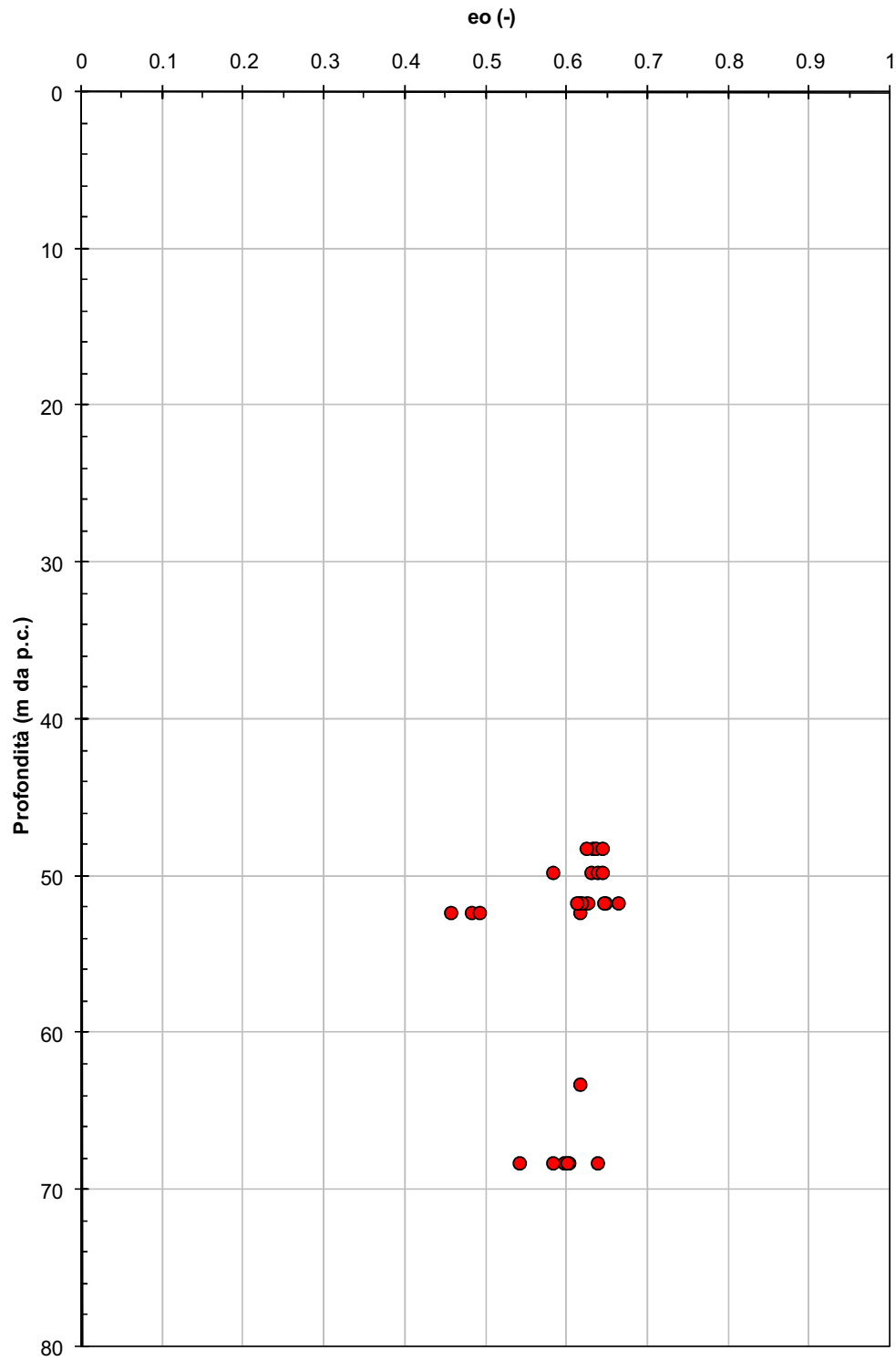
Nuovo Palazzo della Regione Piemonte - Torino
Indice dei vuoti valutato imponendo $S = 1$ 

Figura 5 - 12: Indice dei vuoti – Unità 3

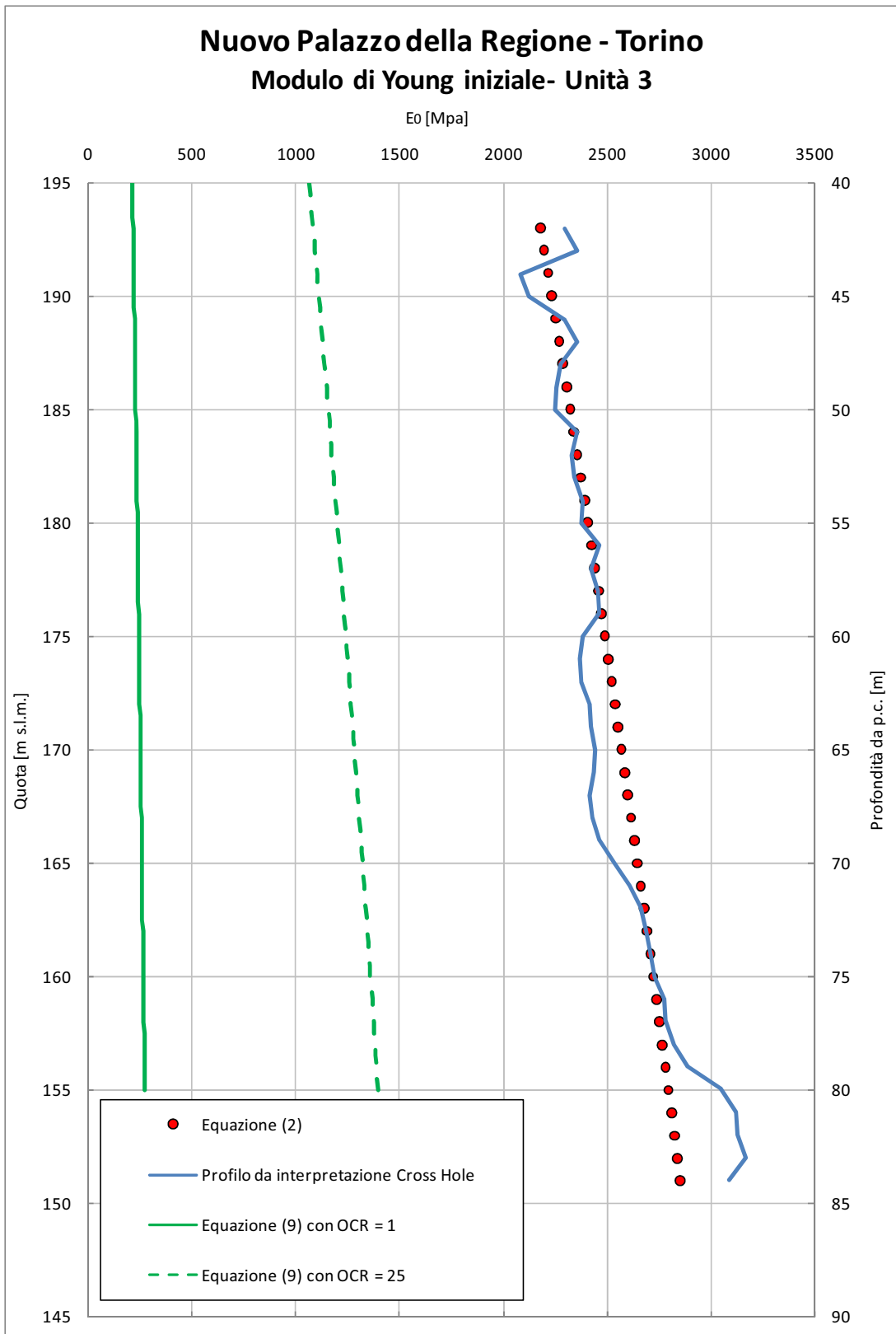


Figura 5 - 13 - Unità 3: Modulo di Young iniziale – Unità 3

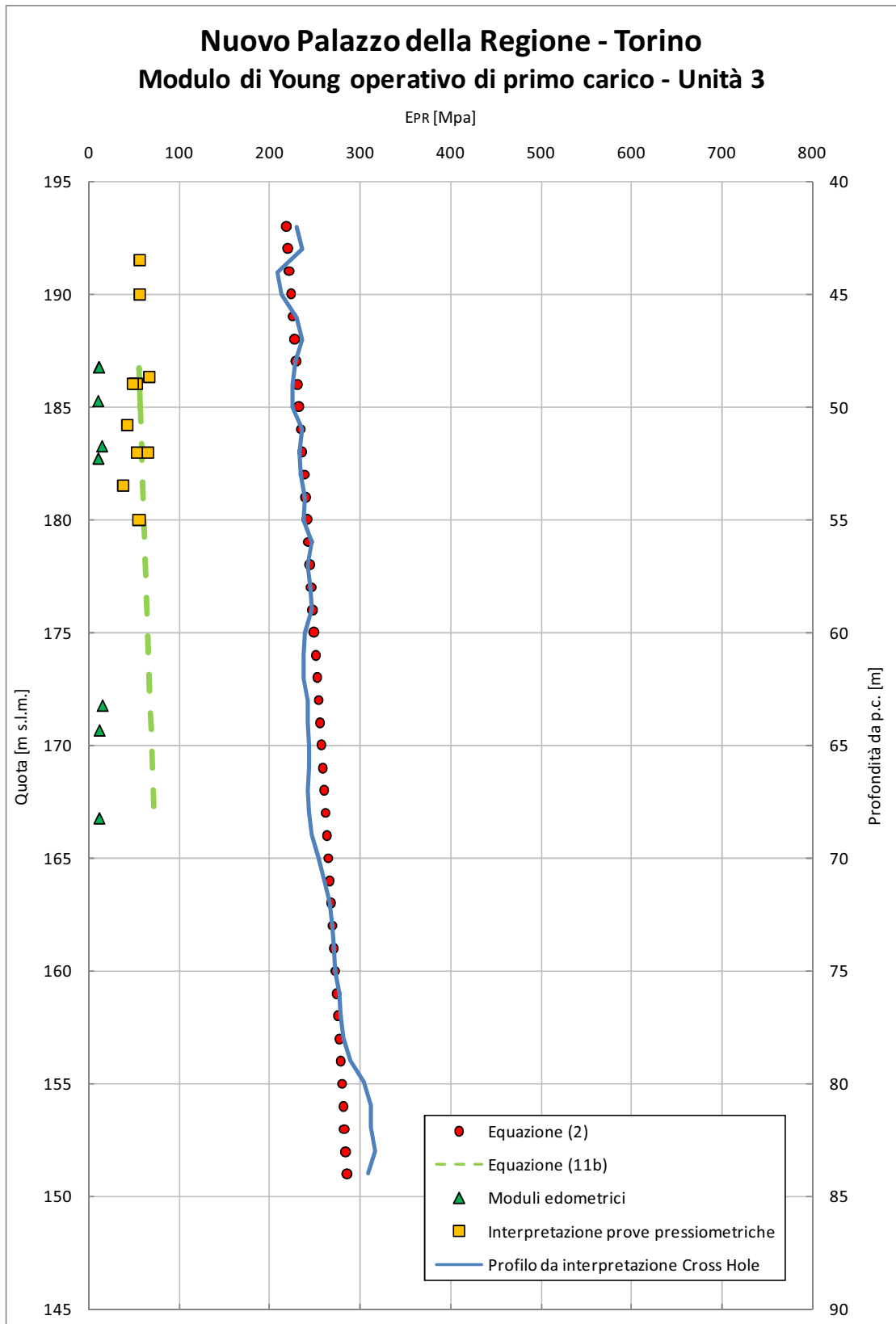


Figura 5 - 14: Unità 3: Modulo di Young di primo carico – Unità 3

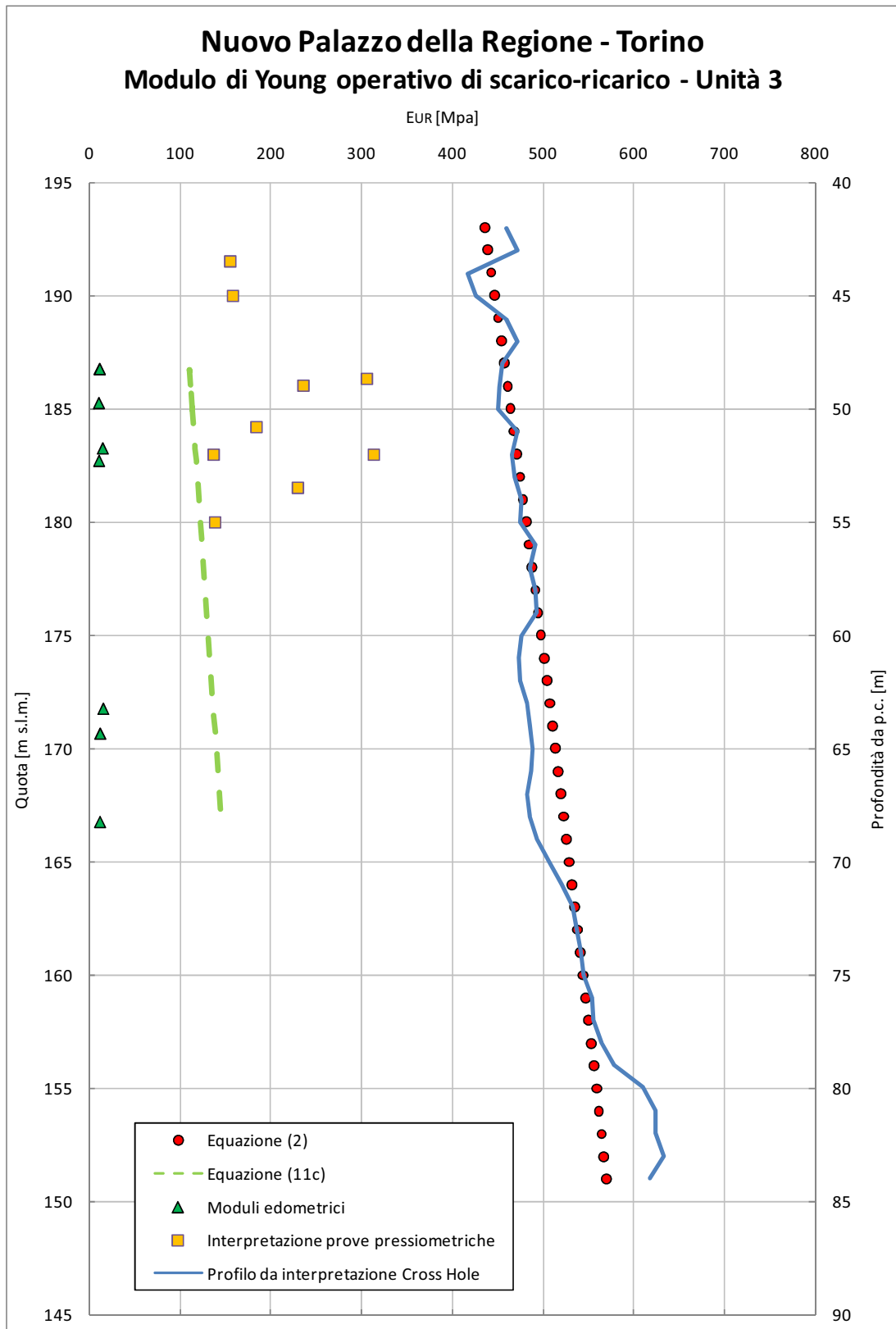


Figura 5 - 15: Unità 3: Modulo di Young di scarico-ricarico – Unità 3

Nuovo Palazzo della Regione Piemonte - Torino
Curve edometriche e stato iniziale per campioni prelevati fra 48 e 50m da p.c.

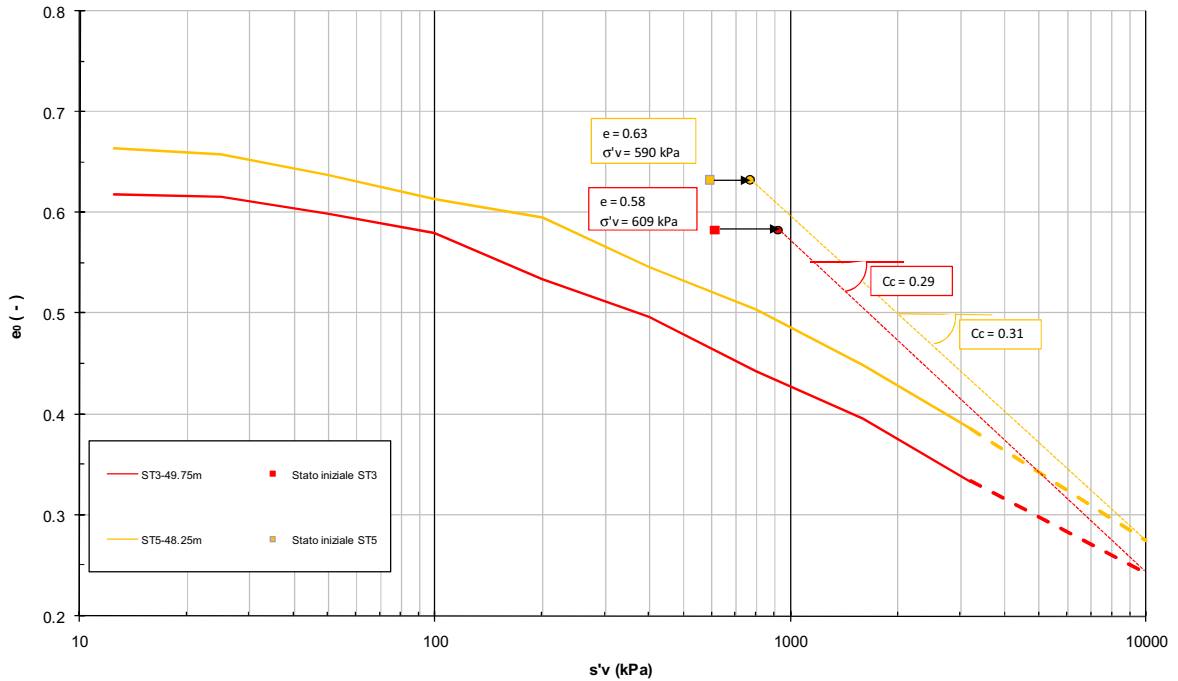


Figura 5 - 16: Curve edometriche e stato iniziale per campioni prelevati fra 48 e 50m da p.c.

Curva di compressibilità intrinseca e curva edometrica nel piano di Burland (1990)

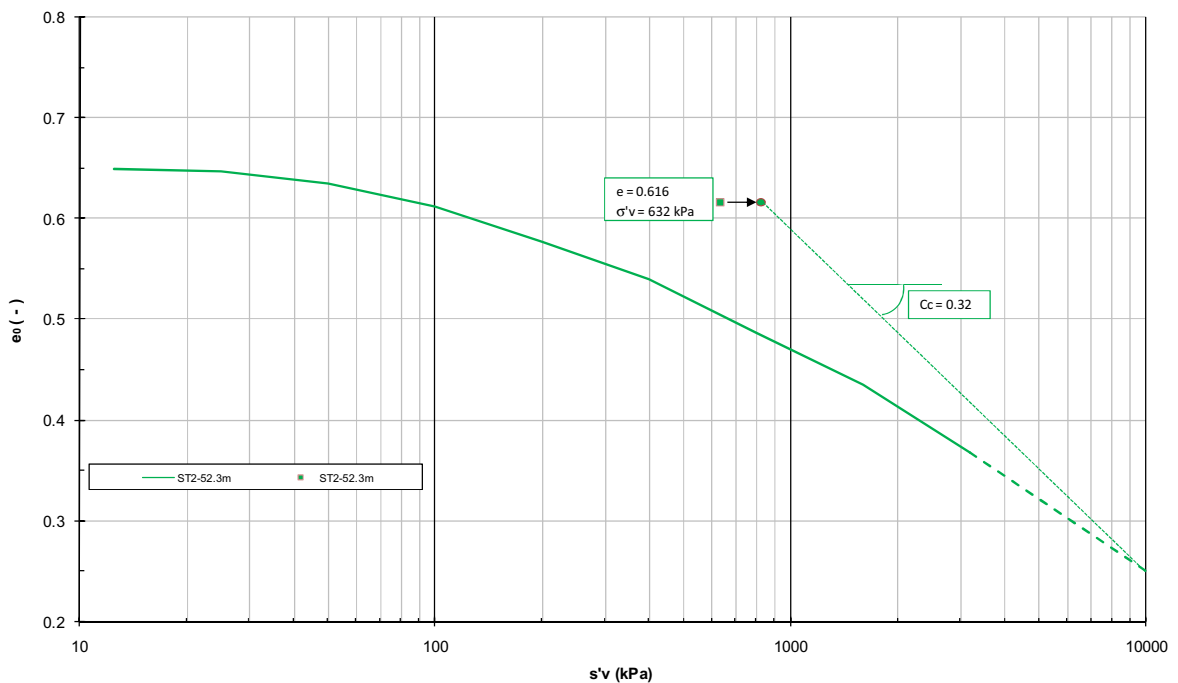


Figura 5 - 17: Curve edometriche e stato iniziale per campioni prelevati fra 51 e 53m da p.c.



Curve edometriche e stato iniziale per campioni prelevati fra 63 e 65m da p.c.

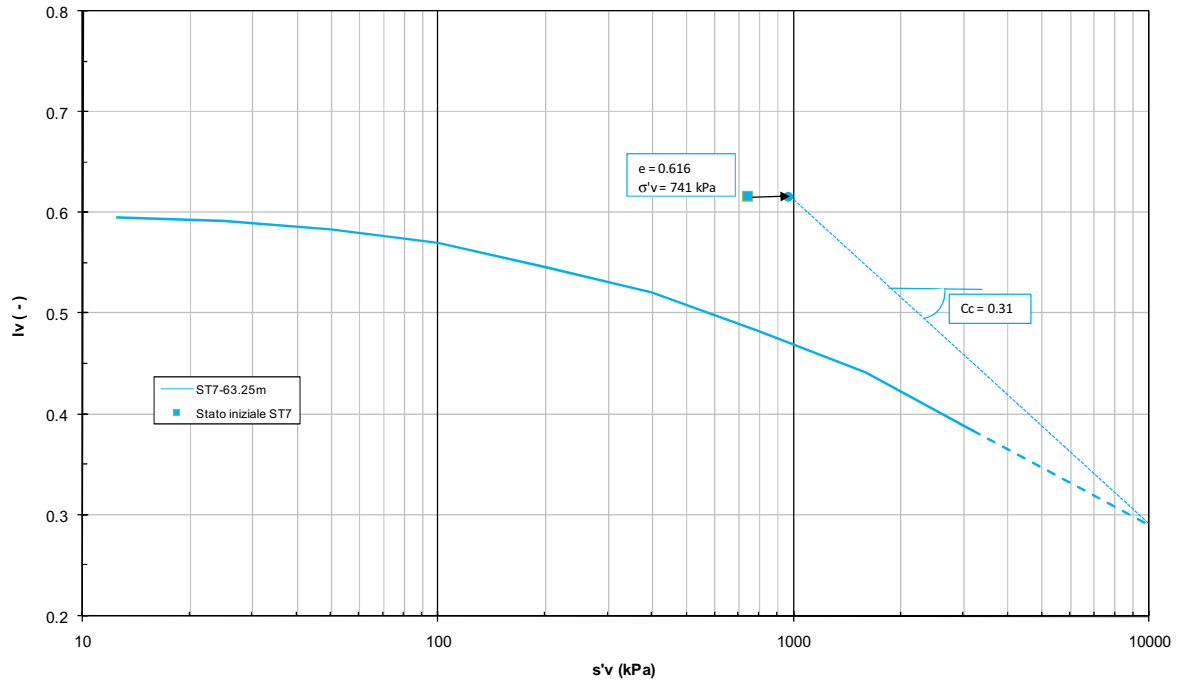


Figura 5 - 18: Curve edometriche e stato iniziale per campioni prelevati fra 63 e 65 m da p.c.

ACCORDO DI PROGRAMMA

FINALIZZATO ALL'ATTUAZIONE DI UN PROGRAMMA DI INTERVENTI CON VALENZA DI PIANO PARTICOLAREGGIATO, NELL'AMBITO DELLE AREE AVIO-OVAL, PER LA REALIZZAZIONE DEL PALAZZO DEGLI UFFICI REGIONALI, DEI NUOVI COMPARTI EDILIZI E DELLE OPERE INFRASTRUTTURALI CONNESSE



ed.	rev.	descrizione	redatto	controllato	approvato	data
0	0	Prima emissione per Accordo di Programma	GR	LS	AE	04 - 08 - 2007
0	1	Revisione per Conferenza di Servizi	GR	LS	AE	07 - 12 - 2007
0	2	Revisione per Conferenza di Servizi	GR	LS	AE	07 - 05 - 2008
0	3	Conferenza di Servizi	GR	LS	AE	27 - 05 - 2008

Titolo:

ELABORATI GENERALI
RELAZIONE GEOLOGICA

Tavola:

E 03

Scala:

Raggruppamento di progetto:

Mandatario:

m fuksas ARCH

Piazza del Monte di Pietà, 30
00186 Roma
Tel +39 06 6880 7871
Fax +39 06 6880 7872
fukzasitalia@fukzas.it

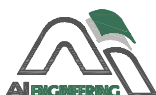
85, rue du Temple
F-75003 Paris
Tel +33 1 446 18383
Fax +33 1 446 18389
m.fukzas@fukzas.fr

Schleusenstrasse 17
D-60327 Frankfurt am
Tel +49 69 24005 0
Fax +49 69 24005 199
office-FFM@fukzas.de

Mandanti:



AI Studio
Architettura, Ingegneria, Urbanistica
Via Lamarmora, 80 - 10128 Torino
E-mail posta@ai-group.it



AI Engineering s.r.l.

Via Lamarmora, 80 - 10128 Torino
E-mail posta@ai-group.it



Manens Intertecnica s.r.l.
Via Campolore, 21 - 37129 Verona
E-mail manens@manens.com



Geodata S.p.A.

Corso Duca degli Abruzzi, 48/E - 10129 Torino
E-mail geodata@geodata.it

Committente

Responsabile del procedimento Regione:
Dott.sa Maria Grazia FERRERI
Risorse Umane e Patrimonio

Co-responsabile del procedimento Regione:

Arch. Claudio FUMAGALLI
Politiche Territoriali

R.F.I. - Rete Ferroviaria Italiana

INDICE

1	PREMESSA	1
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	2
3	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	5
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE	6
4.1	Geologia e geomorfologia	6
4.1.1	La cementazione dei depositi quaternari.....	7
4.1.2	Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani.....	7
4.1.3	Depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano Autoctono.....	8
4.1.4	Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene	8
4.2	Idrogeologia	8
4.2.1	Complessi idrogeologici.....	8
4.2.2	Caratteristiche di permeabilità dei complessi	9
4.2.3	Variazioni del livello di falda superficiale	10
4.2.4	Ricostruzione della geometria di flusso della falda superficiale	11
4.2.5	Tendenze evolutive a lungo termine della falda superficiale	12
5	QUADRO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO	14
5.1	Geologia	14
5.2	Idrogeologia	15
5.3	Interazione delle opere in progetto con l'assetto geologico-idrogeologico	15
6	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	17
7	BIBLIOGRAFIA	18

ALLEGATI

ALLEGATO 1

- Tavola 1: Inquadramento geografico dell'area del Piano Particolareggiato
- Tavola 2: Ubicazione delle indagini geognostiche reperite ed utilizzate ai fini dell'inquadramento geologico ed idrogeologico
- Tavola 3: Estratto dalla Carta Geologica foglio n. 56 "Torino" alla scala 1:100.000
- Tavola 4: Estratto della Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e all'idoneità all'utilizzazione urbanistica allegata al P.R.G., Variante n.100 (adeguamento alla Circolare P.G.R. 8 maggio 1996 n. 7/LAP, Tavola n.3, foglio 16b.
- Tavola 5: Carta del pannello piezometrico della falda superficiale
- Tavola 6: Planimetria delle opere interferenti con il sottosuolo

ALLEGATO 2

Copia delle stratigrafie relative alle indagini geognostiche reperite ed utilizzate ai fini dell'inquadramento geologico ed idrogeologico.

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta come supporto tecnico al Piano Particolareggiato relativo all'area industriale dismessa denominata "ex-Fiat Avio" sita nel Comune di Torino, al fine di caratterizzare il contesto geologico ed idrogeologico e fornire gli indirizzi utili alle successive fasi di approfondimento in relazione alle opere da realizzare.

L'indagine dell'area è stata sviluppata dal punto di vista geologico ed idrogeologico, finalizzata all'acquisizione dei dati relativi al sottosuolo in esame.

Dal punto di vista geologico, geomorfologico e idrogeologico è stato quindi inquadrato il contesto stratigrafico di riferimento per l'area del Progetto, le caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti, con particolare riferimento alla presenza del livello di falda e delle sue variazioni stagionali.

I dati utilizzati sono stati reperiti da ricerche bibliografiche, analisi e studi effettuati presso zone limitrofe dell'area, nonché dalla consultazione degli studi geologici e idrogeologici ai sensi della Circolare P.R.G. n. 7/LAP dell'8 maggio 1996, a corredo della Variante n. 100 del P.R.G. del Comune di Torino.

La Tavola 1 riporta l'inquadramento geografico dell'area oggetto della presente relazione nel territorio urbano di Torino.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

I Piani Particolareggiati sono definiti dall'art.32 della legge regionale n.56 del 5 dicembre del 1977 come "Strumenti Urbanistici Esecutivi".

In merito ai riferimenti normativi che identificano ed inquadrano gli studi geologici da sviluppare per questi strumenti urbanistici, il Testo della Circolare P.G.R. del 8 maggio 1996 7/LAP al capitolo 6 "Varianti" sottolinea che *"... nel caso di Varianti o di Strumenti Urbanistici Esecutivi, le indagini andranno sviluppate in modo del tutto analogo a quello descritto (realizzazione di P.R.G.C o nuovo P.R.G.C., ndr.), ma estese solo ad un intorno significativo delle aree in esame"*.

In un ambito più generale, gli studi geologici a corredo dei P.R.G.C. e delle loro Varianti presentano delle finalità e degli ambiti di competenza rintracciabili in alcuni documenti normativi.

Già nella L.R. 56 del 5 dicembre 1977, anche se non direttamente descritti, sono riportati alcuni commenti a proposito degli studi geologici allegati ai P.R.G.C. In particolare 2 commi nell'art. 12, relativo ai contenuti del P.R.G.C. si pronunciano sulla gestione del territorio: il comma 2 sottolinea che il P.R.G.C. *"... precisa le aree da sottoporre a speciali norme ai fini della difesa del suolo e della tutela dell'ambiente..."*, mentre il comma 5 precisa che il P.R.G.C. *" determina per ogni parte del territorio comunale la disciplina di tutela e di utilizzazione del suolo, comprensiva delle destinazioni d'uso, dei tipi e dei modi di intervento di cui all'art. 13"*. Quest'ultimo riguarda le prescrizioni operative del P.R.G.C. e indica che, tra i suoi obiettivi, sono comprese *"l'identificazione e la delimitazione"* delle aree inedificabili in quanto *"...presentano caratteristiche negative dei terreni o incombenti o potenziali pericoli"*.

Nella premessa della Circolare del Presidente della Giunta Regionale del Piemonte dell'8 maggio 1996, n. 7/LAP, a commento della L.R. 5 dicembre 1977, n. 56 e s.m.i., relativa alle *"Specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici"*, viene precisato il ruolo degli studi geologici di supporto dei P.R.G.C. *" quali indispensabili conoscenze propedeutiche a tutti i livelli del processo di pianificazione, in grado di guidare le successive scelte urbanistiche"*.

Al paragrafo 1.1 della citata Circolare viene precisato che *"l'intervento del geologo dovrà consistere nella valutazione della pericolosità delle aree oggetto di studio"*, intesa come *"instabilità potenziale, indipendente dalla presenza antropica, di una certa area in funzione della tipologia, della quantità e della frequenza dei processi che vi si possono innescare"*.

Il ruolo degli studi geologici di supporto al P.R.G.C. è quindi quello di individuare e delimitare le aree non edificabili, in quanto "pericolose".

Inoltre gli studi geologici, idrogeologici e geotecnici, relativi ad un Piano o ad un nuovo Progetto, devono essere conformi al Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988 e relativa Circolare esplicativa del Ministero dei Lavori Pubblici, 24 settembre 1988, *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione"*.

Al punto A3 "Elaborati geotecnici e geologici" viene indicato che *"la relazione geologica definirà con preciso riferimento al progetto i lineamenti geomorfologici della zona nonché gli eventuali processi morfogenetici e i dissesti in atto o potenziali e la loro tendenza evolutiva, la successione litostratigrafica locale con definizione della genesi e distribuzione spaziale dei litotipi, del loro stato di alterazione e fessurazione e della loro degradabilità; preciserà inoltre i caratteri geostrutturali generali, la geometria e le caratteristiche delle superfici di discontinuità in genere e degli ammassi rocciosi in particolare, e fornirà lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea. La relazione sarà corredata dagli elaborati grafici, carte e sezioni geologiche, etc. e dalla documentazione delle indagini in sito ed in laboratorio, sia quelle appositamente effettuate, che quelle di carattere storico e di esperienza locale"*.

Inoltre la presente normativa al punto H1 definisce *"...i criteri di carattere geotecnico da adottare nell'elaborazione di piani urbanistici e nel progetto di insiemi di manufatti che interessano ampie superfici e che possono comportare variazioni significative nelle condizioni del sottosuolo..."*.

Nel punto H2 si afferma che *"gli studi geologici e la caratterizzazione geotecnica devono essere estesi a tutta la zona di possibile influenza degli interventi previsti. Le indagini devono in particolare accertare le condizioni di stabilità dei pendii, tenuto conto anche di eventuali effetti derivanti dalla realizzazione delle opere. Saranno inoltre considerati i fenomeni di subsidenza prodotti da modifiche del regime delle acque superficiali e profonde, nonché da asportazioni o riporti di materiali terrosi"*.

Ancora, al capitolo B "Indagini geotecniche" in particolare del paragrafo B.2. "Indagini nelle fasi di progetto di costruzione" precisa che *"le indagini saranno sviluppate secondo gradi di approfondimento e di ampiezza commisurati nelle varie fasi, dal progetto alla costruzione, attraverso le quali si giunge alla realizzazione dell'opera"*. In particolare, visto che questa fase di studio comprende soltanto un livello di pianificazione e non di progettazione, e tenendo conto di quanto si dice nel già citato paragrafo B2, *"nelle fasi preliminari della progettazione si potrà far riferimento a informazioni di carattere geologico e a dati geotecnici deducibili dalla letteratura oppure note attraverso indagini eseguite precedentemente sulla"*

medesima area", le indagini geognostiche dovranno essere programmate in funzione del progetto del nuovo insediamento che andrà ad agire sull'area oggetto del Piano.

Ciò è inoltre corrispondente a quanto indicato nel punto H2, relativo al capitolo H "Fattibilità geotecnica di opere su grandi aree" nel quale si afferma che *"lo studio geologico definirà i lineamenti geomorfologici e la loro tendenza evolutiva, i caratteri stratigrafici e strutturali, il grado di alterazione, la degradabilità e la fessurazione degli ammassi rocciosi, nonché lo schema idrogeologico"*.

Dalla consultazione degli studi geologici a corredo dell'attuale P.R.G. del Comune di Torino e da altre fonti bibliografiche, oltre che da specifiche indagini già eseguite in zona, seppure con differenti finalità, (Piano di Bonifica area ex-Fiat Avio e Progetto della Linea 1 della metropolitana) è stato quindi possibile ricostruire, con buona approssimazione, il quadro geologico-stratigrafico ed inoltre il contesto idrogeologico e la piezometria dell'area di studio.

3 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Per la redazione della presente relazione geologica sono state utilizzate diversi fonti relative sia a studi territoriali specifici (P.R.G. e varianti) sia a progetti di infrastrutture recentemente progettate ed in via di realizzazione nel territorio urbano torinese, oltre che documenti specificatamente realizzati nell'ambito del progetto degli interventi di bonifica dell'area di interesse. Tali fonti sono qui di seguito elencate.

- Progetto Definitivo dell'Intervento di messa in sicurezza e bonifica dell'area denominata "ex-FIAT AVIO" in via Nizza, redatto dallo Studio Tedesi di Milano per il Gruppo Zunino RI Investimenti s.r.l., terminato nel marzo 2006. Sono allegate allo studio n.12 stratigrafie relative ai sondaggi geognostici eseguiti nell'ottobre 2005 (codice S56-S65 e PM12 e PM13);
- Progetto Definitivo ed Esecutivo della Linea 1 della Metropolitana, tratta Porta Nuova-Lingotto, redatto dal raggruppamento temporaneo di imprese Systra S.A., Geodata S.p.A., Metropolitana Milanese S.p.A. e Studio Quaranta per il Gruppo Torinese Trasporti (GTT) nel periodo 2004-2005;
- Stratigrafie relative ad indagini geognostiche a carotaggio continuo, eseguite in occasione del progetto e dell'esecuzione di diversi lavori nell'area immediatamente adiacente all'area oggetto della variante:
 - prolungamento del sottopasso del Lingotto al Corso Unità d'Italia (stratigrafie SOT1 e SOT2);
 - esecuzione del parcheggio interrato nell'area Lingotto (stratigrafie Spi1-Spi5);
 - lavori di sistemazione della rampa sud del centro fiere del Lingotto S.p.A. (stratigrafie S1-S5);
 - progetto di riuso dell'area Lingotto (stratigrafie SP1-SP3 e A-C).

Le indagini per la progettazione della Linea 1 della metropolitana e le indagini eseguite in tempi diversi per la trasformazione dell'area Lingotto sono state utilizzate per la definizione del quadro geologico ed idrogeologico generale (Capitolo 4). Le indagini eseguite all'interno dell'area del Piano (Progetto Definitivo di bonifica dell'ex Fiat Avio), come pure quelle reperite nell'area adiacente, sono state prese come riferimento per la definizione del quadro geologico ed idrogeologico di riferimento progettuale (Capitolo 5).

L'ubicazione di quest'ultime indagini, con i relativi codici identificativi, è riportata nella Tavola 2 allegata alla presente relazione. Nell'allegato 2 sono riportate le stratigrafie sopra citate.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE

4.1 Geologia e geomorfologia

Il territorio comunale di Torino si estende per gran parte su un'area semi-pianeggiante costituita dagli apporti successivi delle conoidi alluvionali poste allo sbocco delle valli alpine della Dora Riparia e della Stura di Lanzo; la restante parte del territorio è costituita dai rilievi collinari posti a est del fiume Po. L'area urbana presenta una debole pendenza procedendo da ovest verso est, passando da 260-270 m s.l.m. a circa 220 m s.l.m.

Le conoidi alluvionali sono costituite da depositi di origine fluvioglaciale, successivamente rimodellati, almeno nei livelli più superficiali, dai corsi d'acqua che attraversano il territorio comunale (Po, Stura di Lanzo, Dora Riparia e Sangone).

I termini litologici dei depositi fluvioglaciali sono legati ai litotipi del bacino idrografico di alimentazione: il Massiccio Ultrabasico di Lanzo (serpentiniti, ultrabasiti) per la Stura di Lanzo e il Complesso del Dora Maira (gneiss, quarziti), Calcescisti a Pietre Verdi, Serie dell'Ambin (micascisti, quarziti) per la Dora Riparia e il Sangone.

Gli apporti di materiali a granulometria più fine (limi sabbiosi e/o argillosi), presenti in lenti all'interno delle ghiaie, sono attribuibili alle dinamiche deposizionali legate all'azione dei corsi d'acqua nei tratti caratterizzati da una limitata energia deposizionale.

L'assetto geologico generale, ricostruito dalle numerose indagini svolte nel sottosuolo torinese, è suddiviso, per i primi 150 metri circa, in tre complessi litostratigrafici:

- depositi fluvioglaciali e fluviali continentali quaternari (periodo glaciale Riss): ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa, in genere sciolte, salvo che per la presenza di livelli discontinui di conglomerato;
- depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano (Sacco 1886): limi argillosi e livelli sabbioso ghiaiosi, debolmente coesivi;
- depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene: limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie grigio azzurre con fossili, piuttosto coesivi.

I depositi fluviali e fluvioglaciali presentano, al loro interno, orizzonti e livelli ad andamento discontinuo ed a vario grado di cementazione o comunque di addensamento; i livelli a maggior cementazione (livelli conglomeratici) sono caratteristici del sottosuolo di Torino e sono noti in letteratura con il termine formazionale di "puddinghe".

Il limite inferiore dei depositi fluvioglaciali Rissiani è costituito da un contatto di tipo erosionale. La potenza del secondo complesso, desunta da informazioni bibliografiche, varia molto in relazione alla zona di riferimento, da un massimo di 140 metri (Piazza Marmolada) a pochi metri nella zona nord di Torino, nelle vicinanze della Stura di Lanzo. Il contatto tra la base del complesso Villafranchiano e i depositi Pliocenici è di eteropia di facies.

4.1.1 La cementazione dei depositi quaternari

Il sottosuolo di Torino, nella fascia superiore costituita dai depositi fluvioglaciali quaternari (ghiaia, ciottoli e sabbie in matrice limosa) all'interno della quale si svilupperà la totalità del progetto, da un punto di vista geologico generale può essere definito relativamente semplice ed omogeneo; tuttavia, ad una scala di osservazione più ridotta, questo terreno può talora presentare variazioni rilevanti, sia lateralmente, sia lungo la profondità, tanto da un punto di vista granulometrico quanto a riguardo del grado di cementazione e/o addensamento dei depositi fluvioglaciali.

La cementazione è dovuta alla precipitazione del carbonato di calcio e magnesio presente in soluzione sia nell'acqua di falda, sia nell'acqua di infiltrazione meteorica, per variazioni di temperatura e di pH. I carbonati presenti in soluzione provengono principalmente dalle acque della Dora Riparia, che alimenta la falda superficiale nei periodi di maggior portata. Le acque di precipitazione meteorica, infiltrandosi nel suolo, si arricchiscono di CO₂. Questa, combinandosi con l'acqua, produce acido carbonico (H₂CO₃) determinando una diminuzione del pH. Le acque, divenute quindi aggressive, riescono a portare in soluzione il carbonato di calcio e magnesio presente nei depositi. All'aumentare della profondità, il variare della temperatura rimodifica il pH e dà origine, di conseguenza, alla precipitazione dei carbonati in soluzione.

4.1.2 Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani

I depositi di origine fluvioglaciale e fluviale formano lo strato superficiale di vasta parte del territorio comunale di Torino. Le ghiaie, che rappresentano la frazione avente la maggior rilevanza in termini percentuali, si accompagnano a ciottoli (anche di dimensioni pluridecimetriche), sabbie medio-grossolane e livelli lentiformi limoso-argillosi. I ciottoli risultano sostanzialmente composti da quarziti, gneiss, serpentiniti e metagabbri e raramente presentano un'alterazione tale da comprometterne la struttura. La forma varia da sub-arrotondata ad arrotondata, ma sono frequenti anche ciottoli discoidali: questa forma appiattita è anche assai frequente nella ghiaia e nel ghiaietto. Le dimensioni dei ciottoli sono molto variabili, potendo raggiungere, talvolta, carattere di veri e propri trovanti (osservati sia durante i lavori del Passante Ferroviario-1° Lotto, sia nella prima tratta della Linea 1 della metropolitana). Il diametro di 10-30cm è quello maggiormente rappresentato. Sono inoltre qua e là presenti livelli lenticolari di ciottoli e ghiaie discoidali privi di matrice sabbioso limosa fine.

La peculiarità di questi depositi è data dalla presenza di cementazione, che varia di grado sia in profondità che lungo lo sviluppo complessivo dell'opera. La presenza di concrezioni di calcite e cemento calcareo, prevalentemente sulla parte superiore dei ciottoli, avvalora

l'interpretazione che vede la cementazione legata al fenomeno della percolazione delle acque di infiltrazione (zona non satura). Nel caso specifico della tratta in progetto, le indagini svolte hanno confermato l'esistenza di livelli a differente grado di cementazione ancorché una ricostruzione precisa della loro estensione areale risulti difficilmente raggiungibile.

4.1.3 Depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano Autoctono

Tali depositi, sottostanti ai precedenti depositi fluvioglaciali e fluviali, sono costituiti da alternanze di sedimenti di ambiente fluviale (ghiaie e sabbie) e di ambiente lacustre-palustre (limi e argille). Nei materiali più francamente grossolani e permeabili sono contenute varie falde idriche in pressione confinate dai livelli limoso argillosi, che funzionano da setti impermeabili.

I dati delle indagini eseguite lungo l'asse via Nizza, per il progetto della linea 1 della metropolitana (tratta Porta Nuova-Lingotto) evidenziano che questi depositi sono presenti fino all'intersezione con corso Marconi; localmente risultano assenti come confermato dal fatto che, in corrispondenza dei sondaggi eseguiti in zona Piazza Carducci, si è osservato il passaggio diretto tra i depositi fluvioglaciali e i depositi d'ambiente marino.

4.1.4 Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene

I litotipi che caratterizzano questo complesso vanno dalle sabbie alle argille, con predominanza dei depositi più fini in corrispondenza della pianura torinese. Le argille, tipicamente di colore azzurrognolo, risultano alquanto siltose nella parte più alta della formazione e contengono frequentemente resti fossiliferi. I depositi argillosi, come accennato al paragrafo precedente, sono stati ritrovati nei sondaggi profondi a partire dall'intersezione con Corso Marconi e procedendo verso sud (direzione Lingotto).

4.2 Idrogeologia

4.2.1 Complessi idrogeologici

I recenti studi geologici ed idrogeologici generali (2000-2005) eseguiti in sede di Progetto Definitivo ed Esecutivo della Linea 1 della Metropolitana di Torino, unitamente alla ricerca di dati bibliografici estesa a tutto il territorio comunale di Torino hanno permesso di delineare un approfondito quadro idrogeologico di riferimento. Con riferimento alla zona urbana del territorio comunale di Torino, ubicata in sinistra orografica del fiume Po, si schematizza il seguente assetto idrogeologico, partendo da piano campagna e procedendo in profondità:

- complesso ghiaioso-sabbioso; sede dell'acquifero libero principale, è costituito da depositi grossolani riferibili al Quaternario (ciottoli, ghiaie e sabbie in matrice sabbioso-limosa) potenti 30÷40 m. Lo spessore della zona satura è variabile tra 15 e 25 m. La

soggiacenza della falda varia da zona a zona e si attesta mediamente sui $-12 \div -18$ m da p.c.;

- complesso argilloso-limoso-ghiaioso; sede di un acquifero profondo del tipo multifalda, è situato indicativamente tra 40 e 200 m dal p.c., come desunto dalle informazioni provenienti da diversi pozzi profondi presenti nell'area torinese. Tale acquifero è costituito da alternanze di depositi medio grossolani (livelli di ghiaie e sabbie) costituenti livelli acquiferi in pressione, compartimentati da orizzonti fini (limi argillosi e argille limose). Tale complesso è riferibile ai depositi fluviolacustri riferibili al Villafranchiano (Auct.) del Pliocene Superiore-Pleistocene Inferiore ed è isolato idraulicamente dal soprastante complesso da uno strato, posto al tetto, costituito da depositi argillosi, spesso compatti e potenti $20 \div 30$ m.

Il secondo complesso idrogeologico è presente, sotto i depositi quaternari, solo in determinate porzioni del territorio comunale torinese. Per le restanti parti, le indagini geognostiche hanno permesso di identificare i depositi limoso-sabbiosi debolmente argillosi compatti, riferibili al Pliocene. Tali depositi non sono sede di livelli acquiferi e svolgono il ruolo d'impermeabile relativo nei confronti del soprastante acquifero superficiale.

L'assetto idrogeologico sopra riportato determina la presenza di un acquifero freatico superficiale contenuto nel complesso ghiaioso-sabbioso confinato inferiormente dai depositi argillosi compatti del Villafranchiano o dai depositi limoso-sabbiosi debolmente argillosi compatti del Pliocene.

4.2.2 Caratteristiche di permeabilità dei complessi

In relazione alle caratteristiche di permeabilità di tali complessi si può ritenere, sulla scorta delle numerose prove di permeabilità eseguite per il progetto della linea 1 della metropolitana (circa 50 prove Lefranc e 2 prove di pompaggio a lunga durata), che il complesso ghiaioso-sabbioso superiore sia caratterizzato da una permeabilità medio-elevata, mentre i sottostanti depositi fini limosi, che costituiscono il limite impermeabile dell'acquifero freatico sia che essi appartengano al Villafranchiano che al Pliocene, sono caratterizzati da bassa-molto bassa permeabilità. La tabella sotto riportata riassume i ranges dei valori di permeabilità evidenziati dalle prove idrauliche eseguite.

Complesso idrogeologico	Complesso ghiaioso-sabbioso	Complesso argilloso-limoso-ghiaioso
Permeabilità (m/s)	$1.0E^{-05} \div 3.0E^{-03}$	$5.0E^{-06} \div 1.0E^{-08}$

Tabella 4.1: Caratteri di permeabilità dei complessi idrogeologici

Relativamente ai livelli grossolani (livelli di ghiaie e sabbie) presenti nel complesso idrogeologico argilloso-limoso-ghiaioso del Villafranchiano, non si dispongono di risultati di prove idrauliche recenti, tuttavia è ragionevole, in base alla granulometria di tali livelli, attendersi valori di permeabilità medio-elevati.

4.2.3 Variazioni del livello di falda superficiale

I dati provenienti dal monitoraggio della falda superficiale eseguito nelle verticali di indagine eseguite per il progetto della linea 1 della metropolitana hanno evidenziato che l'oscillazione della superficie di falda è limitata, nel corso dell'anno, a un valore massimo di 1÷1.5m. Il massimo si colloca solitamente nella stagione invernale ma può spostarsi nei mesi primaverili in seguito a prolungati periodi di precipitazione. I dati provenienti dal monitoraggio automatico mostrano come la falda reagisca in ritardo rispetto agli input di ricarica della precipitazione. Tale ritardo, causato dall'estensiva impermeabilizzazione del territorio urbano, si può quantificare in ca. 1÷1.5 mesi. Qualitativamente si può affermare che il livello di falda risente in misura maggiore dell'apporto causato da un prolungato periodo di precipitazioni rispetto a un singolo evento, pur d'elevata entità.

La figura 4.1 riporta la relazione tra le precipitazioni totali giornaliere ed il livello della falda superficiale, monitorata con letture bi-giornaliere durante il periodo ottobre 2001-luglio 2002. Il dato è stato misurato nel piezometro S33, ubicato all'angolo tra C.so Dante e Via Madama Cristina, relativo alle indagini della fase di Progetto Definitivo della linea 1, tratta Porta Nuova-Lingotto.

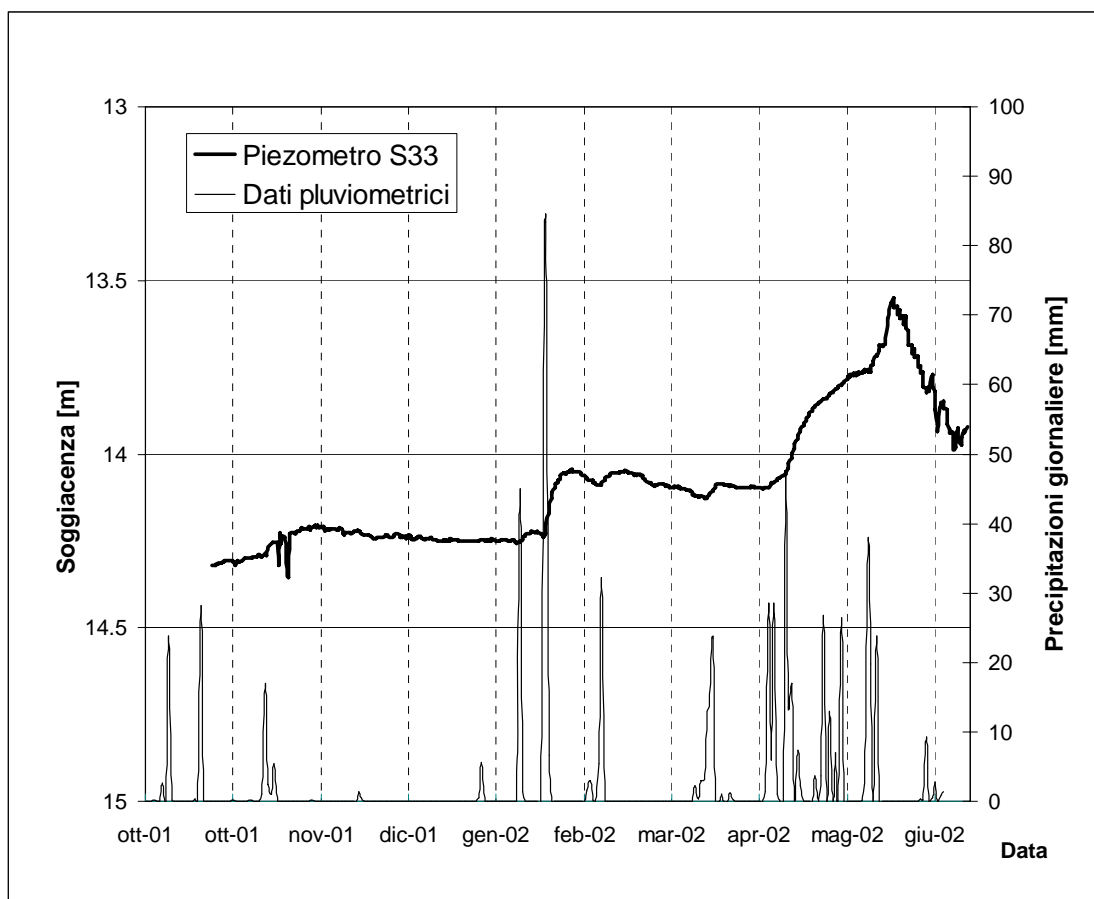


Figura 4.1: Grafico dei dati provenienti dal monitoraggio automatico della falda superficiale in relazione con i dati pluviometrici giornalieri – periodo ottobre 2001-luglio 2002

4.2.4 Ricostruzione della geometria di flusso della falda superficiale

L'acquifero superficiale è alimentato principalmente dagli apporti provenienti da ovest, considerando che l'infiltrazione, sul territorio urbano di Torino è perlopiù intercettata dalla rete di drenaggio superficiale. Studi recenti (Bortolami, De Luca e Filippini, 1990) definiscono biunivoci i rapporti tra la falda superficiale ed i corsi d'acqua (torrente Sangone e Dora Riparia) in quanto dipendenti dalle oscillazioni stagionali. Il fiume Po rappresenta il livello di base locale dell'acquifero e, per il tratto di scorrimento nel territorio di Torino, funge da recettore delle acque della falda superficiale. La condizione drenante del Po nel tratto urbano è sostanzialmente confermata dall'andamento delle isopiezometriche e dalle quote del fiume. La brusca rottura di pendio che si osserva in prossimità dell'alveo del Po è responsabile del drenaggio delle acque sotterranee.

La direzione di flusso media è ESE (120° N) e localmente varia secondo il grado di permeabilità dei depositi, creando zone di convergenza (o divergenza) delle direttrici di flusso.

Il gradiente idraulico della falda superficiale varia da 0.25%-0.28% (valore medio nella zona centrale di Torino) a 0.7%-0.8% in prossimità del fiume Po.

Non è da escludere che in relazione ad eventi alluvionali di natura eccezionale (come quello registrato nell'ottobre 2000) il livello del Po raggiunga un'altezza tale da alimentare localmente la falda superficiale. Il fenomeno, osservato da alcuni proprietari di pozzi privati localizzati nelle vicinanze del fiume, è di durata limitata e tende ad esaurirsi in pochi giorni.

4.2.5 Tendenze evolutive a lungo termine della falda superficiale

Le tendenze evolutive a medio-breve termine sono sostanzialmente influenzate dalla distribuzione delle precipitazioni durante l'anno e dal succedersi di anni a piovosità superiore alla media (la media per Torino è valutabile in 830-840 mm/h totali). Un trend di crescita pluriennale è stato osservato negli anni 96-97, al contrario gli anni 87-88 avevano un livello di falda inferiore alla media. In ogni caso, tale trend pluriennale di crescita comporta un incremento di +1.2÷ +1.5 m rispetto al livello di partenza.

Per quanto riguarda le tendenze evolutive della falda superficiale a lungo termine i dati storici indicano che:

- alcuni dati di pozzi ritrovati nella zona di Porta Susa consentono di ipotizzare il livello della falda storica posto ad una quota di 4-5 metri superiore a quella misurata attualmente;
- la differenza di quota è stata calcolata nella zona di Porta Susa, mancando indicazioni affidabili sul resto del territorio urbano; data tale assenza di dati a riguardo, si deve ipotizzare che le condizioni generali di deflusso non siano variate nel corso delle epoche storiche e che dunque il valore differenziale di +4-5 metri possa applicarsi alla superficie di falda identificata in tempi recenti;
- il progressivo decentramento delle attività produttive dal territorio urbano e la conseguente chiusura dei pozzi usati a scopo industriale fino agli inizi degli anni '80 ha determinato un innalzamento della falda che, in via teorica, avrebbe dovuto riallinearsi ai livelli dell'ottocento. I dati recenti (campagna misure 2000-2005 per il progetto della linea 1 della metropolitana) mostrano che l'effetto di innalzamento indotto dalla dismissione dei pozzi collegati alle attività produttive si è sostanzialmente ridotto. Attualmente il livello della falda dipende in maniera più diretta dalle precipitazioni meteoriche che cadono sui bacini idrogeologici della Dora Riparia e della Stura di Lanzo che contribuiscono all'alimentazione della falda superficiale di Torino.

A commento di tali dati storici si deve osservare come le condizioni di infiltrazione del territorio di Torino siano variate rispetto all'epoca storica di riferimento dei pozzi osservati

(fine 1700) in quanto l'urbanizzazione del territorio ha praticamente azzerato la ricarica diretta. Attualmente, la gran parte dell'acqua che cade sul territorio urbano è intercettata dalla rete di drenaggio delle acque bianche e convogliata nel fiume Po e non contribuisce alla ricarica della falda. Tuttavia, a livello cautelativo, si ritiene che il dato del livello di falda storica sia da tenere in conto per la definizione del livello di falda superficiale da valutare nella progettazione di un'opera.

5 QUADRO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO

L'area oggetto del Piano Particolareggiato è pianeggiante e catalogata come classe 1 (sottoclasse 1P) secondo le classi d'idoneità all'utilizzazione urbanistica ai sensi della Circolare P.G.R. 7/LAP. Tale classe definisce i condizionamenti antropici (aree edificate ed inedificate) e idrogeomorfologici (aree non inondabili) e il grado di pericolosità (assente). La Tavola 4 (Allegato 1) riporta l'estratto dalla Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica allegata la P.R.G., Variante n. 100.

5.1 Geologia

L'esame approfondito delle numerose stratigrafie reperite nell'area ed inoltre in aree immediatamente adiacenti ad essa, ha permesso di delineare il seguente assetto geologico-stratigrafico dell'area, da p.c. in profondità:

Terreni di riporto: tali terreni hanno una granulometria variabile da una sabbia debolmente limosa a una ghiaia debolmente sabbiosa (condizione prevalente) con ciottoli e inglobati frammenti di laterizi e materiali vari di riempimento. Sono stati segnalati localmente (cfr. Relazione di PD eseguita dallo Studio Telesi) frammenti di lavorazione delle attività dell'ex area industriale. Lo spessore di questi terreni varia da pochi decimetri ad un massimo di 6m di profondità dal piano campagna, variabile in quest'area, intorno alla quota 232.5m÷233.0m s.l.m.

Sabbie ghiaiose, ghiaie sabbiose e ghiaie sabbioso-limose con ciottoli: questi terreni sono riferibili ai depositi fluviali e fluvio-glaciali rissiani (Quaternario). Tali depositi sono costituiti da classi grossolane prevalenti. Sono tuttavia presenti livelli a granulometria fine (limo sabbioso, sabbia fine limosa), generalmente di spessore inferiore al metro, localizzate nei primi dieci metri da p.c. Sono inoltre presenti sporadiche lenti di materiale cementato, il cui grado di cementazione, data la natura delle indagini (carotaggio continuo), non è ben valutabile, sulla base delle indagini disponibili.

Il limite inferiore di questi depositi è, dalle risultanze delle indagini condotte per lo studio di bonifica (stratigrafie non allegate alla relazione di PD), valutato a circa -38m ÷ -39m da p.c. Lo spessore di questi depositi varia dunque, in relazione allo spessore dello strato soprastante di riporto, da un minimo di 32m a circa 39m.

Limo sabbioso debolmente argilloso grigio: questi depositi di ambiente marino di età pliocenica sono stati rinvenuti ad una quota simile a quella indicata per l'area ex-Fiat Avio nei sondaggi (serie SP1-3) eseguiti poco più a nord nell'area del Lingotto. Il loro spessore, dalle indagini eseguite nell'area, non è valutabile.

5.2 Idrogeologia

I terreni ghiaioso-sabbiosi riferibili ai depositi fluviali e fluvioglaciali rissiani sono sede di un acquifero freatico. I dati di soggiacenza misurati nei piezometri installati per il progetto definitivo di bonifica (cfr. bonifica area ex-FIAT AVIO), unitamente ai dati del monitoraggio sui piezometri installati per la progettazione della Linea 1 della metropolitana hanno permesso di ricostruire il pannello piezometrico della falda superficiale.

Tale ricostruzione ha preso in considerazione una porzione di territorio più estesa dell'area interessata dal Piano in quanto necessaria per definire la direzione media di deflusso sotterraneo ed inoltre, all'atto pratico, avendo dovuto interpolare punti di misura localizzati su una più vasta area.

I dati reperiti sono relativi ad un intervallo temporale che varia dal 2004 (monitoraggio per la progettazione della linea 1 della metropolitana) e la fine del 2005 (PD della bonifica area ex-FIAT AVIO). La scelta dei dati da interpolare è stata fatta cercando di utilizzare dati relativi allo stesso periodo (autunno-inverno) in modo da evidenziare uno scenario prossimo ai livelli massimi relativi al periodo (anni 2004-2006). I dati a disposizione non permettono di valutare univocamente il livello di falda massimo possibile, tuttavia rappresentano uno scenario di partenza sul quale valutare possibili incrementi differenziali in ragione del tipo di opera e di eventuali dati integrativi che saranno acquisiti nelle successive fasi progettuali.

Il pannello piezometrico è riportato nella Tavola 5 (Allegato 1). La superficie piezometrica è ubicata ad una profondità dal p.c. che varia da poco meno di -11m a -13.5m, in quote assolute da 221.8m a 219m s.l.m., relativamente all'area oggetto del Piano. La direzione media di flusso idrico sotterraneo è orientata da ovest verso est ed il gradiente idraulico medio è pari a 0.4%.

I dati evidenziati dal recente studio di bonifica e messa in sicurezza dell'area ex-FIAT AVIO confermano sostanzialmente il modello generale di flusso idrico sotterraneo delineato dagli studi di progetto per la linea 1 della metropolitana, tratta Porta Nuova-Lingotto.

5.3 Interazione delle opere in progetto con l'assetto geologico-idrogeologico

Le opere in progetto nel Piano Particolareggiato sono relative a manufatti per uso pubblico (Palazzo della Regione e del Consiglio Regionale) le cui opere di fondazione, data l'elevazione dei manufatti (circa 200m per il Palazzo della Regione), saranno necessariamente spinte in profondità nel sottosuolo. Sono inoltre previsti altri manufatti ad uso commerciale e pubblico di elevazione inferiore.

Prendendo in considerazione le opere che interferiscono direttamente con i terreni del sottosuolo si evidenzia la presenza di aree di parcheggio privato su n.1 livello per un totale di circa 38.300 mq e aree destinate a parcheggi pubblici/privati e spazi interrati su n.3 livelli per

un totale di occupazione del suolo di ca. 81500 mq. I parcheggi interrati a n.1 livello interessano il sottosuolo fino a una profondità di ca. -3.5m da piano campagna. I parcheggi su n.3 livelli arrivano a ca -10m da p.c. (cfr. Tavola 6, Allegato 1)

Sono inoltre previste due direttrici di viabilità in profondità, che raccordano il sottopasso del Lingotto (circa -7m da p.c.) con via Nizza tramite una rotatoria anch'essa in profondità. La profondità massima di questi collegamenti è di circa -7m da p.c.

Tali opere interferiscono dunque con i depositi ghiaioso sabbiosi dei depositi fluviali e fluvioglaciali rissiani (Quaternario), per i quali, allo stato attuale delle conoscenze, non si evidenziano particolari problemi di tipo fondazionale.

Il quadro idrogeologico delineato dai dati a disposizione, evidenzia che le opere scavate in profondità (in particolare le aree di parcheggio sotterraneo su 3 livelli) si avvicinano al livello di escursione massima della falda superficiale, con un franco residuo di circa un metro. La mancanza di serie temporali relative al livello di escursione della falda superficiale sufficientemente protratte nel tempo, non permette di escludere la possibile interferenza dei manufatti più profondi con la falda superficiale. Sulla base di una valutazione preliminare è ragionevole ipotizzare che tale interferenza in ogni caso, data la modesta profondità delle opere più profonde (parcheggio interrato) e la buona permeabilità generale dei depositi, non possa causare fenomeni di innalzamento del livello di falda in seguito a parziale ostruzione della sezione idraulica di deflusso.

6 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

I dati a disposizione hanno permesso di ricostruire, con una buona approssimazione, il quadro geologico ed idrogeologico nel quale le opere previste la Piano Particolareggiato saranno inserite.

L'analisi dell'interferenza delle opere previste nel Piano Particolareggiato con il sottosuolo permette di esprimere un giudizio di fattibilità dal punto di vista geologico dell'intervento proposto nell'area denominata ex-FIAT AVIO.

Nel particolare occorrerà verificare, durante le fasi di progettazione ed esecuzione dei lavori, la verifica puntuale delle caratteristiche di portanza dei terreni per determinare i carichi ammissibili.

Si raccomanda quindi di verificare tramite una campagna di indagini geognostiche e prove in situ ed in laboratorio le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni di fondazione.

La verifica della superficie della falda superficiale dovrà essere eseguita in un intervallo di tempo sufficientemente protratto sia nelle verticali di indagini eseguite per la caratterizzazione geotecnica sia in appositi piezometri da installare sull'area in modo da permettere una buona copertura areale ed un significativo intervallo di monitoraggio del livello.

7 BIBLIOGRAFIA

BONSIGNORE , G., BORTOLAMI, G., ELTER, G., MONTRASIO, A., PETRUCCI, F., RAGNI, U., SACCHI, R., STURANI, C. ZANELLA, E. 1969. "Carta geologica d'Italia" e "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia" fogli 56 e 57 (Torino e Vercelli). Servizio Geologico d'Italia, Roma.

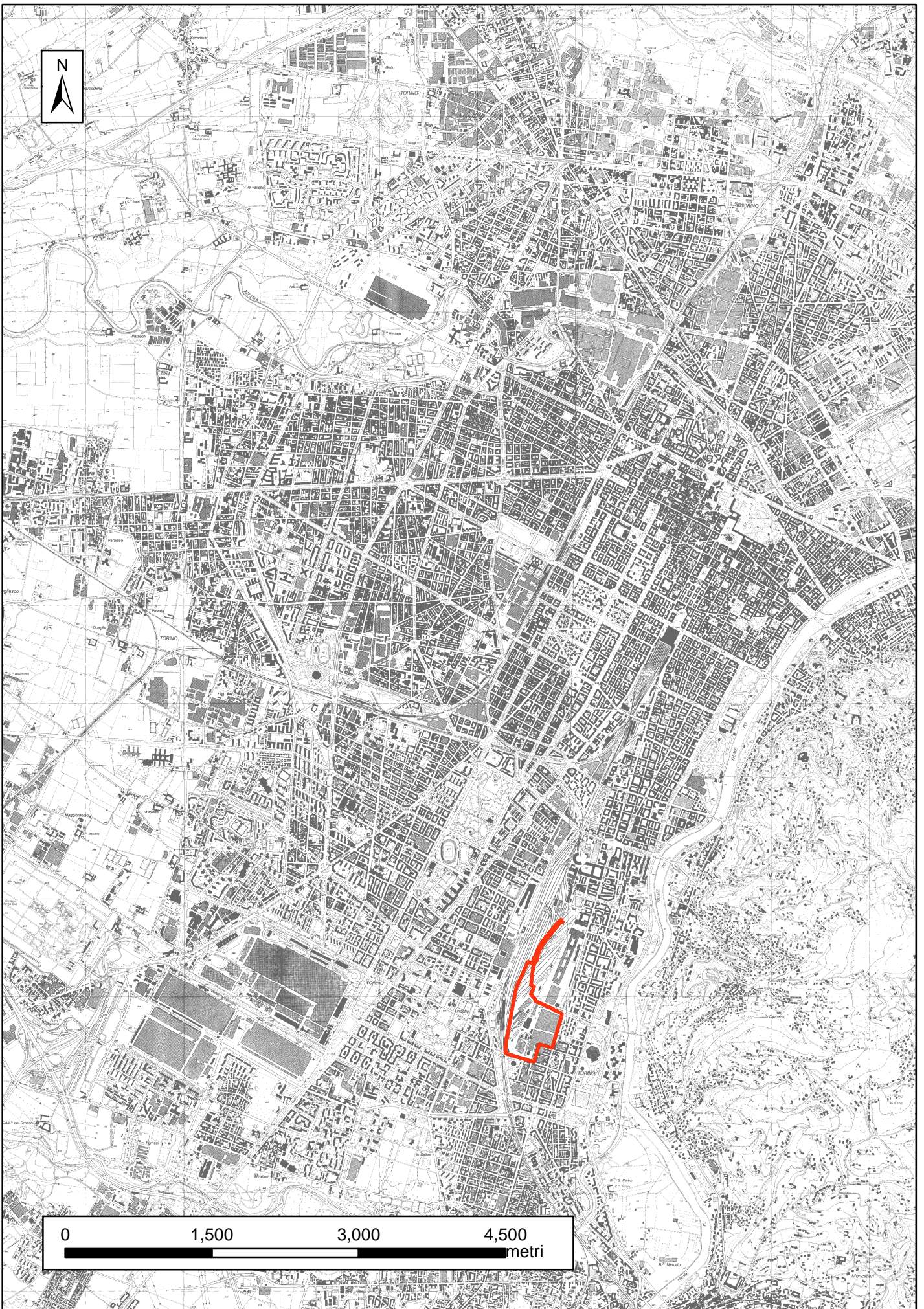
BORTOLAMI, G., DE LUCA, D., FILIPPINI, G. 1990. "Le acque sotterranee della pianura di Torino. Aspetti e problemi". Provincia di Torino, Assessorato Ecologia.

CIVITA, M, PIZZO, S. 2001. "L'evoluzione spazio-temporale del livello piezometrico dell'acquifero libero nel sottosuolo di Torino" GEAM n°4 dicembre.

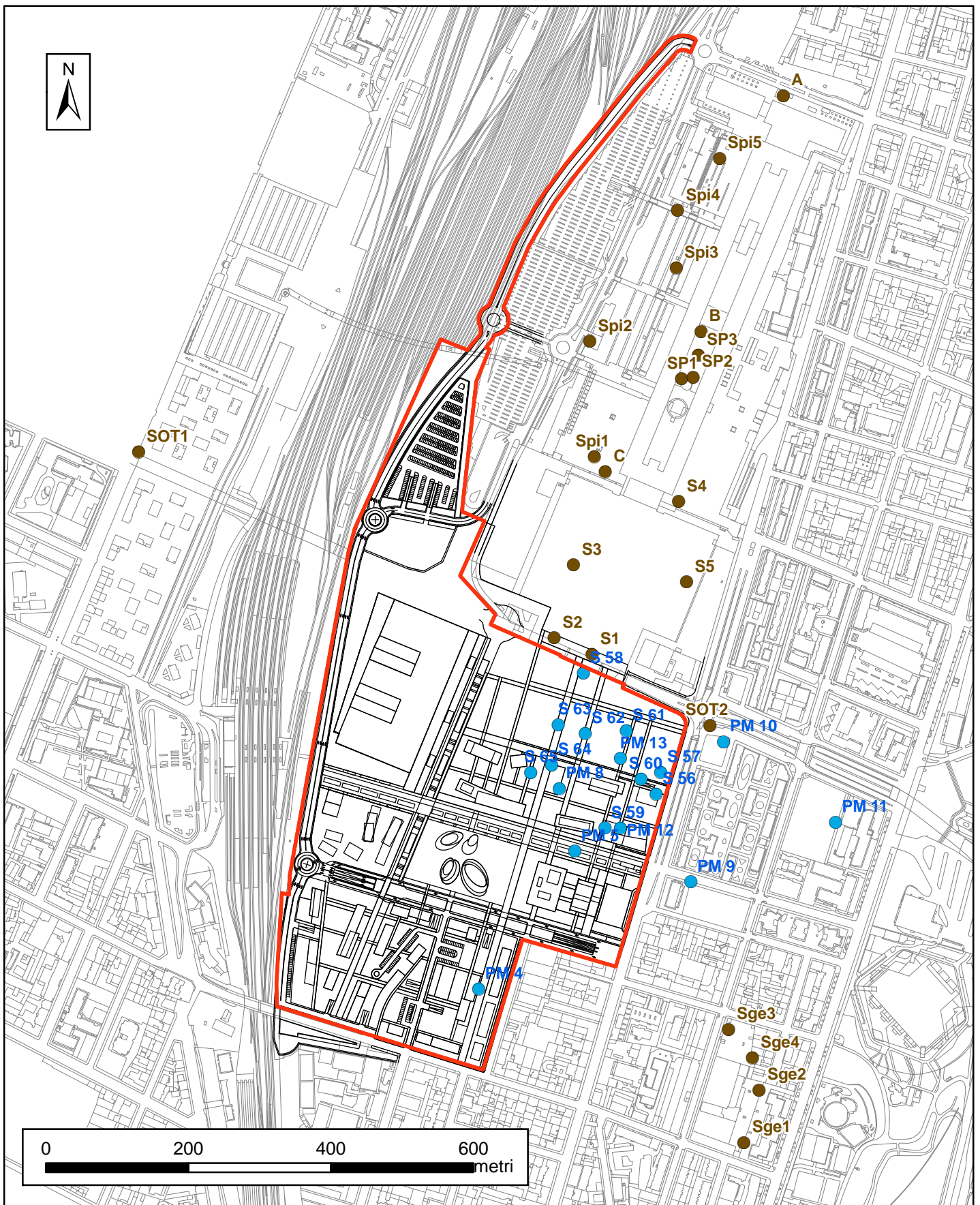
FRANCERI, E., BORTOLAMI, G., RICCI, B. 1980. "Lineamenti geoidrologici della provincia di Torino con riferimento allo stato idrogeochimico delle falde del sottosuolo dell'area ecologico torinese". Provincia di Torino – Assessorato Ecologia.

ALLEGATO 1

- Tavola 1: Inquadramento geografico dell'area del Piano Particolareggiato
- Tavola 2: Ubicazione delle indagini geognostiche reperite ed utilizzate ai fini dell'inquadramento geologico ed idrogeologico
- Tavola 3: Estratto dalla Carta Geologica foglio n. 56 "Torino" alla scala 1:100.000
- Tavola 4: Estratto della Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e all'idoneità all'utilizzazione urbanistica allegata al P.R.G., Variante n.100 (adeguamento alla Circolare P.G.R. 8maggio 1996 n. 7/LAP, Tavola n.3, foglio 16b.
- Tavola 5: Carta del pannello piezometrico della falda superficiale
- Tavola 6: Planimetria delle opere interferenti con il sottosuolo



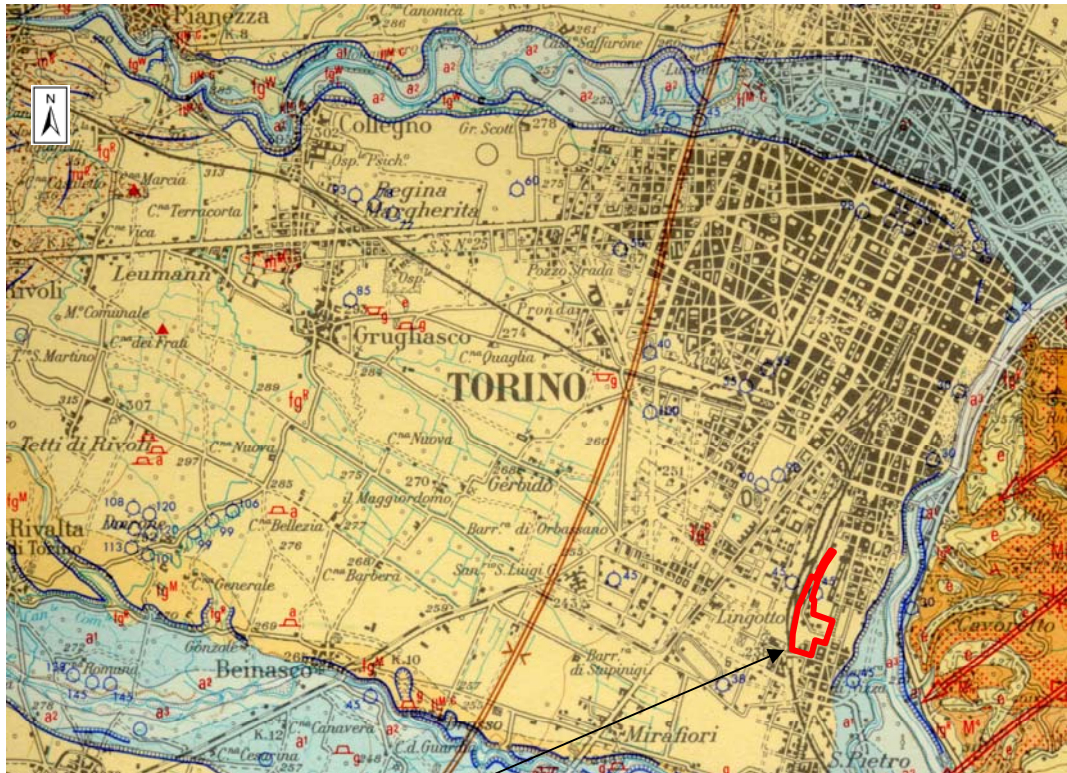
Inquadramento geografico dell'area del Piano Particolareggiato (area in rosso)



Ubicazione dei sondaggi geognostici reperiti ed utilizzati

- Progetto Definitivo dell'Intervento di messa in sicurezza e bonifica dell'area denominata "ex-FIAT AVIO"
 - Progetto ed esecuzione di diversi lavori nella zona adiacente all'area oggetto del Piano
- Area del Piano Particolareggiato
 - Elementi principali dell'azzonamento superficiale






Estratto dalla Carta Geologica d'Italia, foglio n.56 "Torino" alla scala 1:100.000

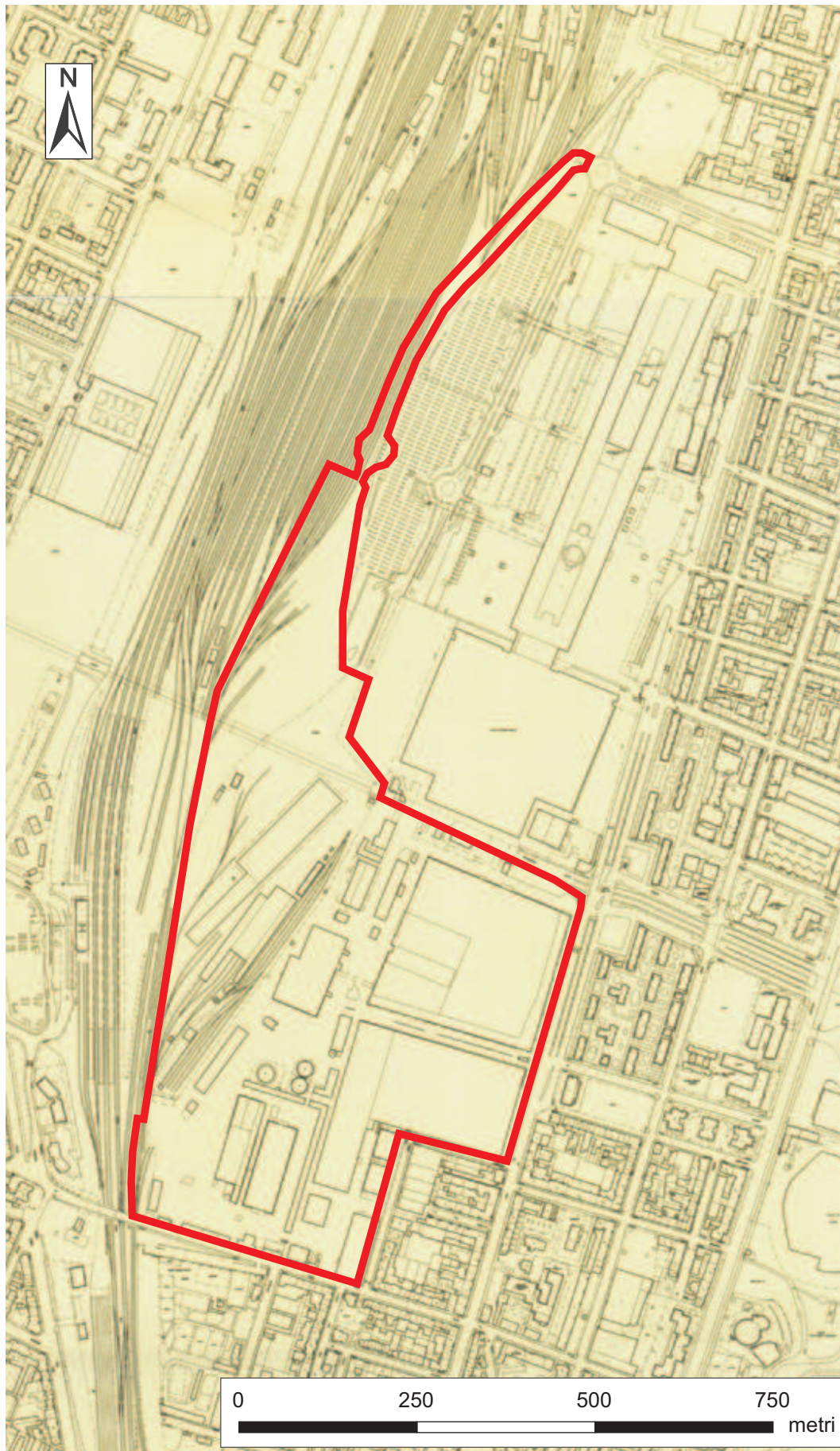


Area del Piano Particolareggiato



Estratto dalla Legenda, foglio n.56 "Torino"

a ² 	Depositi ghiaiosi con lenti sabbioso-argillose, fiancheggianti i principali corsi d'acqua, talora debolmente terrazzati, anche attualmente inondabili (ALLUVIONI MEDIO-RECENTI).
a ¹ 	Alluvioni sabbioso-ghiaiose postglaciali, ricoperti in parte i precedenti depositi del fluviale-fluvioglaciale würmiano (ALLUVIONI ANTICHE).
fg ^{R2-R1} fg ^R ff ^R 	fg ^R Depositi ghiaioso-sabbiosi con paleosuolo rosso-arancio, perlopiù terrazzati, corrispondenti al livello fondamentale dell'alta pianura, raccordantisi con le cerchie moreniche rissiane (FLUVIOGLACIALE e FLUVIALE RISS).
fg ^{M-fM} AP ff ^{M-G} 	Depositi fluvioglaciali dell'alto terrazzo ondulato, a paleosuolo argilloso rosso-bruno completamente decalcificato ("tipico ferretto") per uno spessore di oltre 5 m, con scarsi ciottoli silicatici alterati e silicei, raccordato coi cordoni mindeliani dell'anfiteatro di Rivoli; depositi fluviali costituenti i lembi relitti delle antiche conoidi della Dora Riparia e della Stura di Lanzo (fg ^{M-fM}) (FLUVIOGLACIALE e FLUVIALE MINDEL). Nella pianura a SE di Chieri, terreni eluviali di età postvillafrafranchiana con copertura loessica rissiana (AP).
	Conglomerato poligenico stratificato ad elementi minuti, fortemente cementato, sottostante al Mindel ed affiorante con ripide scarpate lungo il Sangone e la Dora Riparia (INTERGLACIALE MINDEL-GÜNZ).



Perimetro dell'area del Piano Particolareggiato



Piano Regolatore Generale - Variante n° 100
Progetto Definitivo

Variante al Piano Regolatore Generale in adeguamento alla Circolare P.G.R. 8 Maggio 1996 n° 7 LAP ed al Piano per l'Assetto Idrogeologico
 Divisione Urbanistica ed Edilizia Privata
 Settore Strumentazione Urbanistica
 Direttore di Divisione : Arch. Giuseppe GAZZANICA
 Dirigente di Settore: Arch. Rosa GILARDI

Allegati Tecnici

Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica

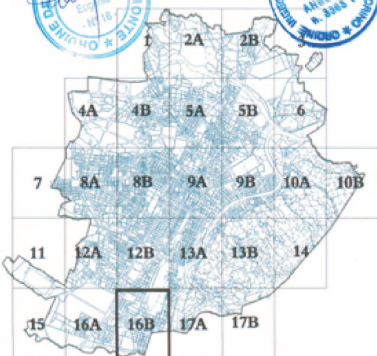
Tavola n. 3

Foglio n. 16B

Professionisti incaricati della redazione degli Studi Idrogeomorfologici:

Prof. Geol. Francesco CARRARO Prof. Geol. Franco GRASSO

Dott. Geol. Virginia ZANELLA Dott. Ing. Virginia ANSELMO

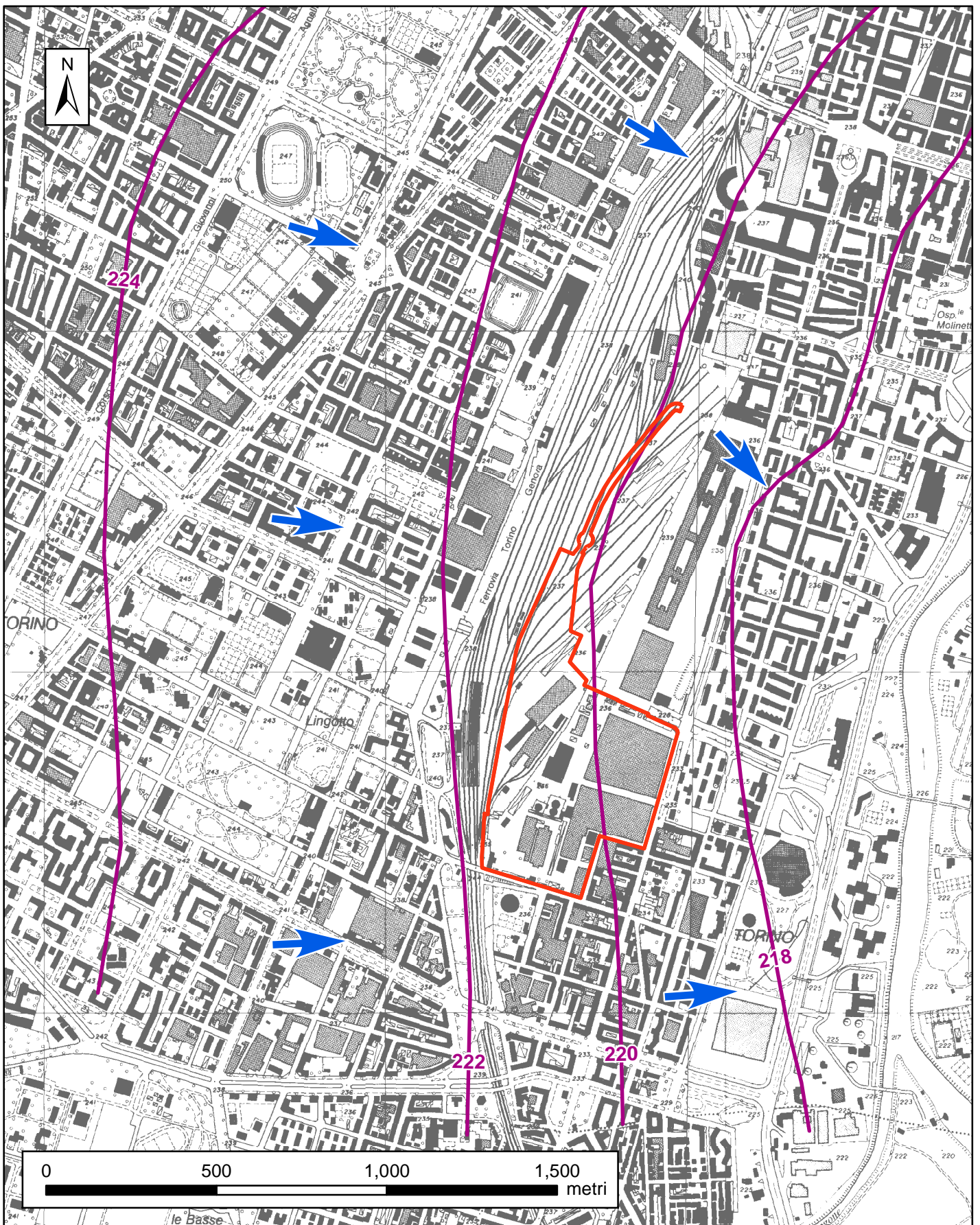


LEGENDA

Parte Piana Classi e sottoclassi	Parte Collinare Classi e sottoclassi
I (P)	III (C)
II (P)	III2 (C)
IIIa (P)	III3 (C)
IIIa1 (P)	IIIa (C)
IIIa2 (P)	IIIa1 (C)
IIIa2a (P)	IIIa2 (C)
IIIa2b (P)	IIIa3 (C)
IIIa3 (P)	IIIa4 (C)
IIIa4 (P)	IIIa5 (C)
IIIa4a (P)	IIIa6 (C)
IIIa5 (P)	IIIa7 (C)

- Corsi d'acqua soggetti a fascia di rispetto di inaffidabilità assoluta di m 10 dal piede dell'argine o sponda naturale
- Processi di dissesto lineare: intensità/pericolosità molto elevata (Ed.) comportante una fascia di rispetto di m 10 dal piede dell'argine artificiale e dalla sponda naturale
- Punti critici del reticolo idrografico minore: sezioni insufficienti al deflusso della portata liquida di progetto
- Punti critici del reticolo idrografico minore: sezioni insufficienti ai sensi della direttiva di attuazione dell'art. 15 del PSFF (Agosto 1999) (già indicati con una stella rossa)
- Limite dell'area soggetta all'onda di piena per collasso dei bacini artificiali
- Perimetro di frana attiva
- Perimetro di frana stabilizzata

- Autorità di bacino del Fiume Po:
 Piano strutturale delle Fasce Fluviali (del. n° 26/97 del 11 Dicembre 1997)
- Limite tra la fascia A e la fascia B
 - Limite tra la fascia B e la fascia C
 - Limite esterno della fascia C
 - Limite di progetto tra la fascia B e la fascia C
 - Dividente tra le classi geologiche dell'area di pianura e dell'area di collina



Carta del pannello piezometrico della falda superficiale



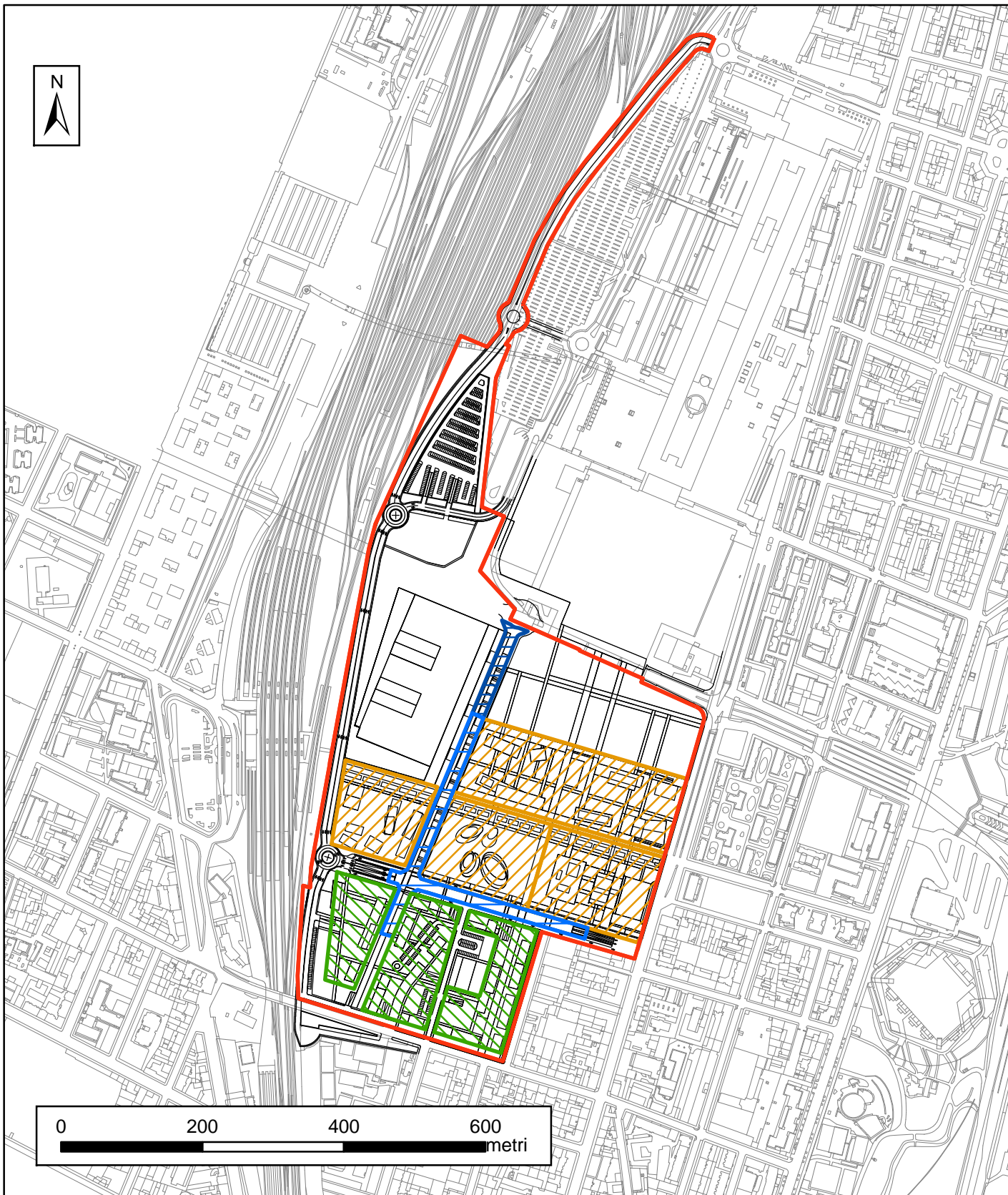
Isopiezometriche della falda superficiale
quote in metri s.l.m.








Direzione media di scorrimento del flusso
idrico sotterraneo della falda superficiale



Area del Piano Particolareggiato



Individuazione planimetrica delle opere interferenti con il sottosuolo

- | | | | |
|---|---|--|---|
|  | Aree parcheggi pubblici/privati e spazi interrati
3 Livelli, prof massima ca. -10m da p.c. |  | Area del Piano Particolareggiato |
|  | Aree parcheggi privati
1 Livelli, prof massima ca. -3,5m da p.c. | | Elementi principali dell'azonamento
superficiale |
|  | Viabilità in profondità di collegamento con Via Nizza e il
sottopasso del Lingotto. Prof. massima ca -3.5m da p.c. | | |
|  | Viabilità in profondità di collegamento con Via Nizza e il
sottopasso del Lingotto. Prof. massima ca -7m da p.c. | | |

ALLEGATO 2

Copia delle stratigrafie relative alle indagini geognostiche reperite ed utilizzate ai fini dell'inquadramento geologico ed idrogeologico.



ABRATE s.p.a.
OPERE SPECIALIZZATE

Sede Tecnico Amministr.: 10022 CARMAGNOLA (TO)
Via G. Agnelli, 71 - Tel. 011/971.23.95 - 977.12.92

Committente _____
Cantiere _____ - VIA GENOVA _____
Località TORINO Provincia _____
Perforazione iniziata il 23/10/1991 terminata il 24/10/1991
Deposito cassette c/o CANTIERE Scala 1:100

QUOTA s.l.m. _____
N. 1 N. _____

FORMAZIONI ATTRAVERSATE

PROFONDITÀ DAL p.c.	POTENZA DELO STRATO	SEZIONE STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO STABILIZ DELLE FALDE		METODO E Ø DI PERFORAZIONE	POSA	RIVESTIMENTI E LORO Ø	PERCENTUALE DI CAROTTAGGIO	R.Q.D.	PIEZOMETRO		INCLINOMETRO	S.P.T. IN FORO Prof. (m.) N. Colpi	POKET PENETR. Kg/cm ²	VANE TEST Kg/cm ²	Campioni		PROVE DI PERMEABILITÀ Prof. (m.) K = cm/sec	NOTE
				1	2						1	2					PROFONDITÀ PRELIEVO	CAMPIONATORE		
0.00							127													SGE 1
0.40	0.40		Conglomerato cementizio.																	
1.50	1.10		Terreno di riporto con mattoni abbondanti.																	
2.40	0.90		Ghiaia sabbiosa con ciottoli e subordina- to limo in matrice colore nocciola.																	
3.40	1.00		Ghiaia sabbiosa con limo e ciottoli subor- dinati, rari livelletti cementati, col. bruno.																	
5.00	2.60		Ghiaia con ciottoli (Ø max 10 cm) con fra- zione limoso-sabbiosa, presenza di livelli centimetrici debolmente cementati, colore nocciola-bruno.																	
7.10	1.10		Sabbia limosa con ghiaia fine e rari ciot- toli serpentinosi, colore da bruno a grigio.																	
9.90	2.80		Ghiaia sabbiosa con limo subordinato e ra- ri ciottoli, frequenti livelli centimetri- ci da mediamente a molto cementati, colo- re nocciola-grigio.																	
11.50	1.60		Limo sabbioso con ghiaia e ciottoli da debolmente a mediamente consolidato, colo- re bruno.																	
12.00	0.50		Limo sabbioso fine, tenero, col. bruno verdastro.																	

ROTAZIONE CON CAROTTAGGIO CONTINUO Ø 101 + 131 mm

70 + 90%

RAYMOND

PROFONDITÀ DAL p.c.	POTENZA DELLO STRATO	SEZIONE STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO STABILIZ. DELLE FALDE		METODO E Ø DI PERFORAZIONE	POSA	RIVESTIMENTI E LORO Ø	PERCENTUALE DI CAROTTAGGIO	R.Q.D.	PIEZOMETRO		INCLINOMETRO	S.P.I. IN FORO Prof. (m.) N. Colpi	POCKET PENETR. Kg/cm ²	VANE TEST Kg/cm ²	Campioni		PROVE DI PERMEABILITÀ Prof. (m.) K = cm/sec	NOTE	
				1	2						1	2					PROFONDITÀ PRELIEVO	CAMPIONATORE			
0.00							127														SGE 2
1.30	1.30		Terreno di riporto.																		
2.20	0.90		Sabbia e ghiaia con limo subordinato, colore nocciola-bruno.										3.00								
3.60	1.40		Ghiaia sabbiosa con limo subordinato e ciottoli (Ø max 10 cm), colore nocciola-bruno.										11-11-12								
6.30	2.70		Ghiaia sabbiosa debolmente limosa presenza di livelli centimetrici debolmente cementati, colore nocciola-bruno.										4.50								
													10-7-18								
7.70	1.40		Sabbia limosa con ghiaia, presenza di ciottoli serpentinosi (Ø max 15 cm) colore da bruno a grigio.										6.00								
													18-20-19								
8.80	1.10		Ghiaia limoso-sabbiosa con rari ciottoli (Ø 6+8 cm) colore nocciola-grigiastro.										8.50								
													15-16-16								
10.90	2.10		Ghiaia sabbiosa debolmente limosa con frequenti livelli centimetrici cementati, colore nocciola-grigiastro.																		
11.90	1.00		Sabbia limosa debolm. ghiaiosa con ciottoli frequentemente alterati, colore bruno.																		
12.40	0.50		Sabbia limosa, colore bruno.																		
12.90	0.70		Limo debolmente sabbioso fine, assai plastico e tenero, colore bruno-verde.																		
15.00	2.10		Limo sabbioso fine e livelli centimetrici di sabbia medio-fine debolmente limosa, tenero a tetto, più consistente verso il letto dello strato, colore nocciola.																		
			Limo con ghiaia e ciottoli mediamente con-																		

NOTAZIONE CON CAROTTAGGIO CONTINUO Ø 131 + 101 mm

70 + 90%

RAYMOND

FORMAZIONI ATTRAVERSATE

PROFONDITÀ DAL pc	POTENZA DELLO STRATO	SEZIONE STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO STABILIZ. DELLE FALDE		METODO E Ø DI PERFORAZIONE	POSA	RIVESTIMENTI E LOFO Ø	PERCENTUALE DI CAROTTAGGIO	R.O.D.	PIEZOMETRO		INCLINOMETRO	S.P.I. IN FORO Prof. (m.) N. Colpi	POKET PENETR. Kg/cm²	VANE TEST Kg/cm²	PROFONDITÀ PRELIEVO	CAMPIONATORE	PROVE DI PERMEABILITÀ Prof. (m.) K = cm/sec	NOTE
				1	2						1	2								
0.00																				
0.50	0.50		Terreno di riporto.																	
1.00	0.50		Limo ghiaioso ciottoloso, colore bruno.																	
2.50	1.50		Sabbia ghiaioso-limosa con rari ciottoli, colore nocciola grigiastro.																	
3.90	1.40		Limo ghiaioso con passate debolmente sabbiose, colore bruno.										3.00 7-11-10							
4.60	0.70		Ghiaia sabbioso-ciottolosa, colore grigio clasti parzialmente alterati.																	
5.00	0.40		Limo ghiaioso ciottoloso, colore grigio.																	
5.70	0.70		Sabbia media ghiaioso-ciottolosa, colore bruno rossiccio.										6.00 4-7-13							
7.40	1.70		Sabbia e ghiaia limosa, con passate centimetriche debolmente cementate e livelli decimetrici a limo prevalente, col. nocciola																	
9.20	1.80		Sabbia ghiaiosa eterometrica a clasti ben arrotondati, raramente fratturati, con livelli debolmente cementati, colore nocciola.										9.00 7-12-10							
10.70	1.50		Sabbia limoso-ghiaiosa con livelli decimetrici coesivi, presenza di rari ciottoli serpentinosi arrotondati, colore bruno.																	
			Ghiaia e sabbia con frequenti ciottoli (cm 7+8) fratturati in matrice debolmente limosa, presenza di livelli centimetrici cementati, colore nocciola-grigiastro.										12.50 12-17-22							
15.00	4.30												15.00 14-19-23							

SGE 3

ROTAZIONE CON CAROTTAGGIO CONTINUO Ø 101 + 131 mm

70 + 100%

127

OPERE DI...
 Sede Tecnica Amministrativa: 10022 CARMAGNOLA (TO)
 Via B. Agnelli, 71 - Tel. 011/871121 - 871122

Località: ...
 Perforazione iniziata il 29/10/1991 terminata il 31/10/1991
 Deposito cassette: c/o CANTIERE Scala 1:100

QUOTA s.l.m. ...

AZIONI ATTRAVERSATE		DESCRIZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO STABILIZ. DELLE FAUCHE	METODO E Q. DI PERFORAZIONE	ROSA	INVESTIMENTI E LORO Ø	PERCENTUALE DI CAROTTAGGIO	R.O.D.	PREZOMETRO TIPO	TIPO APERTO	INCLINOMETRO	SPT. IN FORO	POCKET PENETR. Kg/cm²	VALVE TEST Kg/cm²	PROFONDITÀ PRELIEVO	CAMPIONATORE	PROVE DI PERMEABILITÀ	NOTE
1	2		1	2					1	2		Prof. (m.)			Prof. (m.)	K - cm/sec		
0.15		Cemento e ferro.																SGE 4
0.85		Vuoto.					0%											
0.50		Materiale di riporto.																
1.50		Limo debolmente plastico, colore bruno rossiccio.																
1.50		Limo sabbioso, colore nocciola-brunastro.																
1.10		Limo sabbioso-ghiaioso, col. nocciola scuro.																
0.40		Sabbia fine, colore nocciola.																
0.30		Sabbia e ghiaia con livelli cementati e limo subordinato in matrice, colore nocciola.										6.00						
		Sabbia media ghiaiosa, colore bruno.										8-8-5						
		Sabbia grossolana con livelli cementati e limo subordinato in matrice, colore nocciola.										8.00						
		Sabbia e ghiaia con ciottoli colorati alterati e/o sfatti, con varia percentuale limosa in matrice, colore bruno.										10-7-6						
		Ghiaia e sabbia con limo subordinato e ciottoli centimetrici cementati, presenza di limo subordinato in matrice, colore bruno.										12.00						
		Ghiaia sabbiosa con limo subordinato e ciottoli (Ø 6+8 cm, raramente più grandi) poligenici, color nocciola-grigiastro.										14.80						
		Sabbia e limo, colore bruno.										20-19-28						
		Limo debolmente plastico, da tenero a mediamente consistente, con livelli centimetrici sabbioso fini, colore nocciola, presenza di inclusi rossicci (resti vegetali).										17.50						
		Limo debolmente sabbioso fine, piuttosto consistente, colore nocciola presenza di una passata centimetrica di sabbia debolmente limosa a -18.40 m e di un livello decimetrico molto plastico a -18.80 m.										8-25-50						

ROTAZIONE CON CAROTTAGGIO CONTINUO Ø131 + 101 mm

GEO DATA
 DATA: 24 DIC 1992
 COMMESSA: N. ORDINE: NOTE:
 DESTINATARIO: PER CONOSCENZA:



**RADAELLI
CASTELLOTTI S.R.L.**
20060 Lisiate (Mi) via G. di Vittorio, 2
tel. 02/95350100 (4 linee r.a.)
telex 312605 ERRECI I - telefax 02/95350316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.p.A.**

LOCALITA' **TORINO**

POSIZIONE **Centro Fiere**

QUOTA D'INIZIO **p.c.**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 152/130**

DATA: dal **06/08/90**

al **09/08/90**

S 1

Profondità (m)	Camp. tipo	Profondità strat. (m)	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometro (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero	R.Q.D. %	Profondità manovra
0.10		0.60				riporto: breccia grossolana (Ø max 12 cm) in deb. matrice sabbioso limosa grigia			
1.00		1.00				riporto: resti lateritici e breccia fine			
3.10		3.10				riporto: breccia medio fine e resti lateritici in matrice sabbiosa fine deb. limosa bruno grigiastrea			
4.50	5	4.90	1cm			riporto: breccie eterogenee resti ferrosi e lateritici grossolani in abb. matrice limosa sabbiosa bruna sciolta			
6.00	46	5.60	2cm			riporto: conglomerato cementizio			
7.70		7.70				resti a struttura lateritica			
8.05		8.05				cordolo di fondazione (conglomerato cementizio)			
9.50		9.50				conglomerato ben cementato ad elementi (Ø max 15 cm) e cementazione carbonatica. Pres. livel. di microconglomerato			
10.00		10.00				sabbia bruna con ghiaia e ghiaietto			
10.50	13	10.50				sabbia fine limosa grigiastrea loc. ingi. ghiaietto			
12.00	15	12.00				ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 12 cm) con tracce di cementazione ad elementi di conglomerato in matrice sabbioso limosa bruna loc. abbondante			
12.30	50R	12.30	2cm			ghiaia medio grossolana e ciottoli (Ø max 10 cm) in deb. matrice sabbiosa bruno grigiastrea deb. cementata. Pres. interlivelli di conglomerato			
14.10		14.10				conglomerato poligenico ad elementi (Ø max 10 cm) e cemento arenaceo grigio. Pres. interlivelli di microconglomerato			
15.30		15.30				sabbia medio fine limosa bruna con ghiaia e ghiaietto. Pres. interlivellotti di conglomerato			
18.50	38	18.70	7cm			ghiaia ghiaietto ciottoli (Ø max 12 cm) e trovanti (pot. max 18 cm) in matrice sabbioso limosa bruna			
20.00		20.00							
25		25							
30		30							

1, 2, 3 = camp. indisturbati
 s = Shelby d = Denison
 m = Mazier o = Osterberg
 p = percussione
 A, B, C = campioni rimaneggiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
 V.T. = vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.Q.D. = rock quality designation

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
09/08/90			-17.03				

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba			

ALLEGATI: 1



**RADAELLI
CASTELLOTTI S.R.L.**
20080 Liscate (MI) - via G. di Vittorio, 2
tel. 02/85350100 (4 linee r.a.)
telex 312605 ERRECI I - telefax 02/95350316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.p.A.**

S 2

LOCALITA' **TORINO**

POSIZIONE **Centro Fiere**

METODO DI PERFORAZIONE rot. 152/130

QUOTA D'INIZIO **P.C.**

DATA: dal **21/08/90**

al **23/08/90**

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometro (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero			R.O.D. %				
									20	40	80	20	40	80		
				0.00												
				0.40				riporto: ghiaietto e ghiaia in matrice sabbiosa grigiastro								
				2.00				riporto: breccia (Ø max 9 cm) e resti lateritici in matrice sabbiosa deb. limosa bruno grigiastro								
				2.30				riporto: ghiaietto e ghiaia in matrice sabbiosa grigiastro								
3	2	3.00						riporto: sabbia fine limosa marrone (ng). rara breccia (Ø max 5 cm) e resti lateritici								
4			A	4.00												
	50R	4.50		4.60												
					5			conglomerato cementizio. Pres. tondino (Ø 3 cm) a 6.30 m								
				8.90												
				10.00	10			ghiaietto e ghiaia in matrice sabbiosa deb. limosa marrone bruna								
			B	10.50				ghiaietto e ghiaia in matrice sabbiosa deb. limosa grigio verdastro								
8	8	11.00						ghiaietto e ghiaia in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigiastro								
10				12.00				ghiaietto ghiaia e rari ciottoli (Ø max 8 cm) in matrice sabbiosa limosa marrone								
				13.50				ghiaietto ghiaia e rari ciottoli (Ø max 12 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa bruna								
3	9	13.50		13.80				ghiaietto ghiaia e rari ciottoli (Ø max 9 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone								
	6		C	14.00				ghiaietto e ghiaia in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigiastro								
				14.50				ghiaietto ghiaia e rari ciottoli (Ø max 8 cm) in matrice sabbiosa limosa marrone								
				15.50				ghiaietto ghiaia e rari ciottoli (Ø max 12 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa bruna								
16	14	15.50		16.60				ghiaietto ghiaia e rari ciottoli (Ø max 9 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone								
10				17.50				ghiaietto e ghiaia in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigia. Pres. interlivello di conglomerato								
			D	18.00				conglomerato a cemento arenaceo vascolare molto fratturato loc. deb. cementato								
23	17	18.00		19.00				ghiaietto e ghiaia in matrice sabbiosa deb. limosa marrone								
	50R	12 cm		19.50												
			E	20.00												
				20.00												
					20											
					25											
					30											

USO DIAMANTE

1, 2, 3 = camp. indisturbati
 s = Shelby d = Denison
 m = Mazier o = Osterberg
 p = percussione
 A, B, C = campioni rimaneggiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
 V.T. = vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 H.O.D. = rock quality designation

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
22/08/90	5.00	4.50	assente				
23/08/90	13.50	13.50	assente				

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba			

ALLEGATI: 1



SEZIONE INDAGINI GEOTECNICHE
TORINO - VIA BARLETTA 180
TEL. 399 972 - 362.456

COMMITTENTE CITTÀ DI TORINO

CANTIERE Via Pio VII

SONDAGGIO n. 1

Iniziato il ultimato il

SOT 1

Quote s.l.m.	Profond. in mt.	Spessore degli strati in mt.	Campioni	Descrizione della natura del terreno	Colonna strati- grafica	Sistema e Ø del foro	Falde freatiche	ρ _{vB} V B taccabile Kg/cm ²	V B in situ Kg/cm ²	S.P.T. colpi/ 15 cm
	0.00									
	-2.00	2.00		Sabbia bruno scuro, ghiaia, ciottoli con terreno di ri- porto						
	-7.50	5.50		Ghiaia con sabbia fine gri- gia						
	-15.00	7.50		Ghiaia cementata da sabbia fine (conglomerato polige- nico).						
	-16.80	1.80		Sabbia bruna con ghiaia						
	-18.20	1.60		Ghiaia e sabbia debolmente cementata						
	-20.50	2.30		Ghiaia di varia natura e sabbia bruna debolmente limoso-argillosa-						

ROTAZIONE ϕ 90°/m

SICOS

SEZIONE INDAGINI GEOTECNICHE
TORINO - VIA BARLETTA 180
TEL. 399.872 - 362.456

COMMITTENTE CITTA' DI TORINO


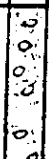

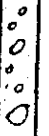

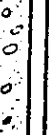
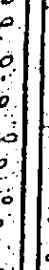
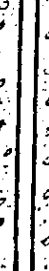
CANTIERE Piazza Fabio Filzi

SONDAGGIO n. 2

SOT 2

Iniziato il _____

ultimato il _____

Quote s.l.m.	Profond. in mt.	Spessore degli strati in mt.	Campioni	Descrizione della natura del terreno	Colonna strati- grafica	Sistema e di del foro	Falda freatiche	P.P. o V.B. taccabi- le Kg/cm ³	V.B. in situ Kg/cm ³	S.P.T. colpi/ 15 cm
	0.00									
	-1.80	1.80		Terreno di riporto bruno ghiaioso sabbioso-argilloso						
	-4.00	2.20		Ghiaia di varia natura e sabbia sciolta						
	-5.50	1.50		Ghiaia con poca sabbia e ciottoli						
	-7.50	2.00		Ciottoli, ghiaia con sabbia						
	-1.000	2.50		Piccoli trovanti, ciottoli, ghiaia con sabbia						
	-1.200	2.00		Sabbia bruna con ghiaia e ghiaietto						
	-1.600	4.00		Sabbia, ghiaia con zone par- zialmente cementate						
	-2.000	4.00		Ghiaia parzialmente cementa- ta da sabbia bruna						

ROTAZIONE $\phi 90 \frac{m}{m}$

SICOS

SEZIONE INDAGINI GEOTECNICHE
TORINO - VIA BARLETTA 180
TEL. 399.872 - 382.456

COMMITTENTE CITTÀ DI TORINO

CANTIERE Corso Caduti sul lavoro angolo Via Ventimiglia

SONDAGGIO n. SOT 3

Iniziato il

ultimato il

Quote s.l.m.	Profond. in mt.	Spessore degli strati in mt.	Campioni	Descrizione della natura del terreno	Colonna strati- grafica	Sistema e Ø del foro	Falde freatiche	P.P. o V.S. tascabile Kg/cm ²	V.S. In situ Kg/cm ²	S.P.T. colpi/ 15 cm
	0.00									
	-1.20	1.20		Ghiaia con sabbia fine grigia, livelli ghiaiosi sabbiosi cementati						
	-2.00	0.80		Ghiaia e sabbia fine cementata con ciottoli e sabbia sciolta						
	-4.00	2.00		Ghiaia cementata da sabbia fine grigia						
	-5.30	1.30		ciottoli, ghiaia di varia natura, sabbia color bruno e grigio, in parte debolmente limosa; ghiaia e sabbia cementata compatta; piccolo trovante (20 cm)						
	-5.50	0.20		piccolo trovante						
	-7.50	2.00		Ciottoli (5-20 cm.), ghiaia, sabbia sciolta, livelli e zone ghiaiose-sabbiose cementate.						
	-10.00	2.50		Ciottoli, ghiaia, sabbia, piccoli trovanti (20 cm.)						
	-11.50	1.50		Sabbia fine bruna, con poco ghiaietto, in parte compatta						
	-13.00	1.50		Ghiaia, sabbia sciolta bruna con ciottoli						
	-14.50	1.50		Sabbia bruna fine compatta con poco ghiaietto color ruggine						
	-15.00	0.50		Ghiaia sciolta						
	-18.00	3.00		Sabbia cementata limo sabbioso debolmente argilloso con poco ghiaietto						
	-20.00	2.00		Sabbia molto fine, ghiaietto, ciottoli con livelli di sabbia bruna debolmente limosa						

ROTAZIONE + 90°



RADAELLI CASTELLOTTI S.R.L.
 20080 Liscaia (MI) - via G. di Vittorio, 2
 tel. 02/96330100 (4 linee r.a.)
 telex 312606 ERAECI I - telefax 02/96330316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.R.L.**

SP 2

LOCALITA' **TORINO - LINGOTTO**

POSIZIONE **Centro Congressi - Cortile Interno**

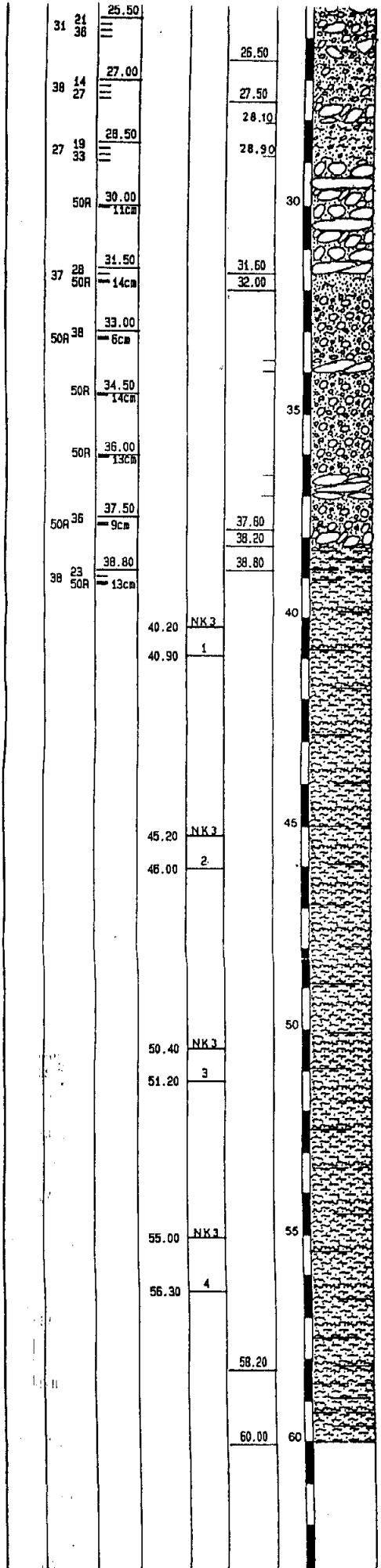
METODO DI PERFORAZIONE **rot. 127/101**

QUOTA D'INIZIO **D.C.**

DATA: dal **21/03/91**

al **25/03/91**

Risultati prove in situ	prova S.P.T V.T.	Profond. (ml)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometer (kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero			R.Q.D. %			USO DIAMANTE
									20	40	60	80	20	40	
				0.70				battuto in cemento							
2 2 4	1.50			2.30				riporto: limo sabbioso deb. argilloso nocciola. Pres. interlivelli di breccia medio fine in matrice sabbiosa							
20 10 30	3.00			4.00				riporto: breccia varia pezzatura (φ max 7 cm) in matrice sabbiosa fine limosa grigia							
34 29 45	4.50			6.00				ciottoli (φ max 12 cm) ghiaia medio grossolana e ghiaietto in matrice sabbiosa fine limosa nocciola molto addensata loc. cementata							
37 27 43	6.00			6.60				sabbia fine limosa nocciola ingl. ghiaietto							
50R 35	7.50	8cm		7.40				ciottoli ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa nocciola loc. cementata							
46 38 48	9.00			10.40				sabbia medio fine limosa bruno nocciola loc. cementata con ghiaia medio fine e ghiaietto							
37 19 49	10.50			11.20				conglomerato poligenico ad elementi grossolani deb. cementato							
46 34 50	12.00			13.60				ghiaia medio grossolana ghiaietto e ciottoli (φ max 12 cm) in matrice sabbiosa fine limosa bruno nocciola. Pres. interlivelli di conglomerato poligenico							
25 22 50	13.50			14.00				sabbia fine limosa bruno nocciola ingl. ghiaia e ghiaietto							
50R 29	15.00	13cm		20.00											
50R 38	15.50	9cm		21.80				ghiaia medio grossolana ghiaietto ciottoli (φ max 12 cm) e trovanti (pot. max 20 cm) in matrice sabbiosa fine limosa bruno nocciola loc. cementata. Pres. interlivelli di conglomerato poligenico ben cementato e di sabbia fine limosa bruno nocciola							16.80 17.00
50R 38	18.00	10cm		24.40											18.00 18.20
50R 34	19.50	12cm		25.50				ghiaia (φ max 4 cm) e ghiaietto in abb. matrice sabbioso limosa grigio nocciola							19.60 20.00
50R 42	21.00	9cm		26.50				ciottoli (φ max 12 cm) ghiaia trovanti (pot. max 25 cm) ed interlivelli di conglomerato in matrice sabbioso limosa grigio nocciola. Pres. tracce di alterazione							22.10 22.70
36 28 50R	22.70	3cm		27.00				sabbia medio fine deb. limosa grigio nocciola con ghiaia medio gross. e ciottoli (φ max 7 cm) loc. alterati							24.00 24.20
43 31 50R	24.20	10cm		27.50				sabbia medio fine limosa grigio nocciola o biancastra per alterazione ingl. ghiaia e ghiaietto							
31 21 36	25.50			28.10											
38 14 27	27.00			28.90				ghiaia medio grossolana ciottoli (φ max 10 cm) e trovanti (pot. max 16 cm) in matrice sabbiosa medio fine deb. limosa grigio nocciola. Pres. interlivello di sabbia fine limosa ingl. ghiaietto							
27 19 33	28.50			31.60											
50R	30.00	11cm		32.00				sabbia media deb. limosa bruno nocciola							
37 28 50R	31.50	14cm													
50R 38	33.00	6cm													



sabbia medio fine limosa grigio nocciola o biancastre per alterazione ingl. ghiaia e ghiaietto loc. alterati

sabbia medio fine limosa grigio nocciola o biancastre per alterazione ingl. ghiaia e ghiaietto

ghiaia medio grossolana ciottoli (ϕ max 10 cm) e trovanti (pot. max 18 cm) in matrice sabbiosa medio fine deb. limosa grigio nocciola. Pres. interlivello di sabbie fine limosa ingl. ghiaietto

sabbia media deb. limosa bruno nocciola

sabbia medio fine deb. limosa nocciola grigiastra con ghiaia (ϕ max 4 cm) e ghiaietto loc. alterati. Loc. pres. ciottoli (ϕ max 15 cm) e trovanti (pot. max 20 cm)

ghiaia e ciottoli alterati in matrice sabbiosa nocciola
limo sabbioso e leg. argilloso nocciola

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

limo sabbioso e leg. argilloso micaceo grigio

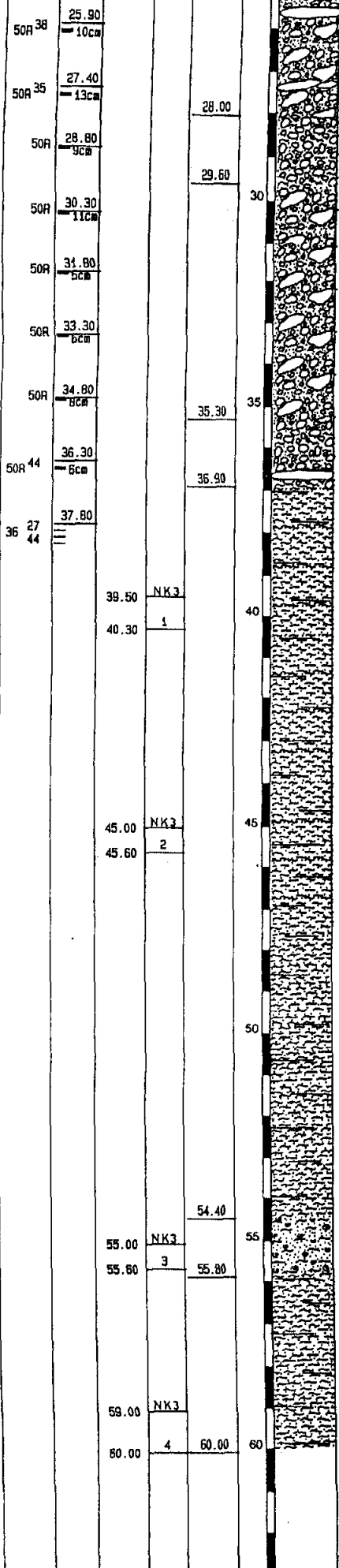
1, 2, 3 : camp. indisturbati
 s : Shelby d : Denison
 m : Mazier o : Osterberg
 p : percussione
 A, B, C : campioni rimaneggiati

S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm
 V.T. : vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.Q.D. : rock quality designation

data	prof.faro	prof.rivest.	livello acqua	data	prof.faro	prof.rivest.	livello acqua
22/03/91	24.00	24.00	- 12.10				
23/03/91	24.00	24.00	- 17.80				

Argilla	Limo	Sabbie	Ghiaia Ghiaietto	Torbe			

ALLEGATI:



sabbia medio fine deb. limosa bruno grigiastrea con ghiaia medio grossolana ghiaietto ciottoli (ϕ max 14 cm) e rari trovanti loc. alterati

ghiaia (ϕ max 4 cm) e ghiaietto loc. alterati in matrice sabbioso limosa nocciola brunastrea

sabbia medio fine deb. limosa nocciola grigiastrea con ghiaia medio grossolana ghiaietto e ciottoli (ϕ max 12 cm) loc. alterati

ghiaia (ϕ max 3 cm) e ghiaietto loc. alterati in matrice sabbioso limosa nocciola grigiastrea. Pres. tracce di sostanze organiche ed un trovante

limo sabbioso a deb. leg. argilloso grigio micaceo

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso grigio micaceo

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso grigio micaceo

sabbia medio fine limosa grigio chiara con abb. resti fossili

limo sabbioso a deb. leg. argilloso grigio micaceo

25.30
25.90

1, 2, 3 = camp. indisturbati
 s = Shelby d = Denison
 m = Mazier o = Osterberg
 p = percussione
 A, B, C, ... = campioni rimaneggiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
 V.T. = vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.Q.D. = rock quality designation

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
26/03/91	30.00	30.00	p.e.	26/03/91	50.80	50.00	- 13.00
27/03/91	30.00	30.00	- 15.00				

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba				

ALLEGATI:

CALITÀ: **TORINO**
 SIZIONE: **Area parcheggio interrato**
 NOTA D'INIZIO: **P.C.**

METODO DI PERFORAZIONE **Pot. 127/101**
 DATA: dal **21/06/91** al **25/06/91**

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strat. (m)	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometro (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero			R.Q.D. %			Profondità massima perforata (m)
									20	40	80	20	40	80	
				0-10				conglomerato fimo limoso							
				1.10				riporto: breccia medio fine (Ø max 6 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa bruno grigiastro. Pres. resti di mattoni							
				1.20				limo sabbioso marrone rossastro ingl. rara ghiaia e ghiaietto							
				2.50				sabbia limosa marrone con ghiaia ghiaietto e rari ciottoli (Ø max 13 cm). Pres. tracce di alterazione							
33 18 38		3.70	A					sabbia deb. limosa grigiastro con ghiaia e ghiaietto							
50R 26	13cm	4.50		6.00				ghiaietto e ghiaia (Ø max 6 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone rossastro							
7 12 10		6.00		7.50				sabbia finissima limosa marrone ingl. rara ghiaia e ghiaietto							
5 6 4		7.50		7.90				ghiaia ghiaietto ed elementi di conglomerato in matrice sabbiosa deb. limosa da marrone a marrone brunastra. Pres. interlivello di conglomerato a matrice arenacea							
50R 33	12cm	9.00	B	10.10				conglomerato a matrice arenacea cementato							
				10.20				conglomerato poligenico ad elementi medio grossolani a deb. cementazione carbonatica							
				10.80				sabbia medio fine deb. limosa marrone brunastra con ghiaia e ghiaietto							
18 40 22		14.00		14.10				sabbia da fine a finissima limosa marrone							
				16.00				limo sabbioso da marrone a marrone grigiastro							
12 8 13		16.50	1s	17.00				sabbia medio fine limosa da marrone a marrone rossastro. Pres. interlivelli di limo marrone							
				18.00				idem c.s. bruna							
24 13 19		19.50	C	19.50											
				20.00											

2, 3 ... : camp indisturbati
 Shelby d: Denison
 Mazier u: Osterberg
 percussione
 B, C ... : campioni rimaneggiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
 V.T. = vane test (Kg/cm²) max/residuo
 R.Q.D. = rock quality designation

data	prof. foro	prof. rivest	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
06.91	15.50	11.00	assente				
06.91	20.00	18.00	8.60				
06.91	PIEZOMETRO		14.40				

Argilla	Limo	Sabbie	Ghiaia Ghiaietto	Torba			

ALLEGATI: 1



RADAELLI CASTELLOTTI S.R.L.
 20060 Torate (Mi) - via G. Vittoria 2
 tel. 02 95350100 (4 linee r.a.)
 telex 312605 ERRECI I - telefax 02 95350116

COMMITTENTE **LINGOTTO S.p.A.**

Spi 2

LOCALITA' **TORINO**

POSIZIONE **Area parcheggio interrato**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 127/101**

QUOTA D'INIZIO **p.c.**

DATA: dal **03/07/91**

al **04/07/91**

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strat.	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometry (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero				R.Q.D. %				Profondità manovra perforaz.
									20	40	60	80	20	40	60	80	
				0.90				riporto: breccie medio fine elementi cementizi e resti plastici in matrice sabbiosa deb. limosa bruna									
				1.40				sabbia medio fine limosa marrone ingl. rara ghiaia e ghiaietto									
				2.20				sabbia media deb. limosa marrone loc. addensata con ghiaia (Ø max 6 cm) e ghiaietto									
24	25 50R	3.00 12cm															
30	30 34	4.50	A		5			sabbia media da deb. limosa e limosa marrone grigiastro con ghiaia ghiaietto e rari ciottoli (Ø max 10 cm). Pres. interlivelli di limo sabbioso grigiastro									
21	15 21	6.00															
35	24 40	7.50															
50R	9.00 10cm			8.40				sabbia limosa marrone con ghiaia (Ø max 4 cm) e ghiaietto									
50R	12.00 12cm		B		10			sabbia deb. limosa marrone con ghiaia (Ø max 6 cm) ghiaietto e rari ciottoli (Ø max 10 cm). Pres. interlivelli molto addensati o deb. cementati e localm. ghiaia alterata									
50R	15.00 5cm			14.70				ghiaietto e ghiaia (Ø max 6 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigiastro. Presenza interlivelli di sabbia media marrone									
50R	18.00 5cm		C		15			sabbia limosa marrone grigiastro con ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 12 cm)									
				17.70													
				18.00													
				20.00													
					20												
					25												
					30												

1, 2, 3 ... = camp. indisturbati
 s = Shelby d = Denison
 m = Mazier o = Osterberg
 p = percussione
 A, B, C ... = campioni rimaneggiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
 V.T. = svane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.Q.D. = rock quality designation



data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua

ALLEGATI:



RADAELLI CASTELLOTTI S.R.L.
 20060 Uscate (Mi) - via G. D. Vittorio 2
 tel. 02-95350100 (4 linee r.a.)
 telex 312605 RADI C I - telefax 02-95350316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.p.A.**

Spi 3

LOCALITA' **TORINO**
 POSIZIONE **Area parcheggio interrato**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 127/101**

DATA: dal **26/06/91** al **28/06/91**

QUOTA D'INIZIO **P.C.**

Risultati prove in situ	prove S.P.T V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometro (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero			R.Q.D. %			Profondità manovre perforaz.
									20	40	60	80	20	40	
				0.20				conglomerato di conglomerato							
				1.30				riporto : breccia medio fine (Ø max 6 cm) in matrice sabbiosa bruno grigiastro							
				2.90				limo sabbioso marrone rossastro con ghiaia e ghiaietto							
25 16 23	3.00			4.00				ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigiastro							
50R 42	4.50 13cm	4.20	A	5.00				sabbia media deb. limosa marrone grigiastro con ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 8 cm) raramente (Ø 12 cm)							
13 11 18	6.00			6.00				ghiaietto e ghiaia (Ø max 5 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa brunastro							
15 15 30	7.50			7.40											
20 18 22	9.00	8.30	B	10.00				ghiaietto ghiaia e ciottoli (Ø max 15 cm) in matrice sabbiosa da deb. limosa e limosa bruna. Pres. ghiaia e ciottoli alterati e locali. elementi di conglomerato							
50R	10.50 7cm			11.00				conglomerato poligenico ad elementi medio-grossolani a matrice arenacea cementata							
				12.30				conglomerato poligenico ad elementi medio grossolani e deb. cementazione carbonatica							
				13.60				sabbia limosa bruno grigiastro con ghiaia e ghiaietto							
26 27 32	13.50			14.80				sabbia limosa marrone con ghiaia e ghiaietto loc. alterati. Pres. tracce di cementazione ed elementi di conglomerato							
				15.50				conglomerato poligenico ad elementi medio grossolani a matrice arenacea deb. cementata							
				16.30				ghiaia ghiaietto e rari ciottoli (Ø max 11 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone							
50R	18.00 9cm	17.80	C	18.10				limo sabbioso marrone con ghiaia e ghiaietto loc. alterati. Pres. rari ciottoli (Ø max 12 cm)							
				19.50				conglomerato poligenico ad elementi medio grossolani a matrice arenacea loc. alterato e degradato							
				20.00											
				25											
				30											

2, 3 ... = camp. indisturbati
 = Shelby u = Denison
 = Mazier o = Osterberg
 = percussione
 B, C = campioni rimaneggiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
 V.T. = vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.Q.D. = rock quality designation

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba			

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
06.91	18.00	18.00	17.45				

ALLEGATI:



**RADAELLI
CASTELLOTTI S.R.L.**
20060 Linate (Mi) - Via C. Di Vittorio, 2
Tel. 02/95350100 (4 linee) - Telex 310495 LTT
Telex 310495 LTT - Telex 029535010

COMMITTENTE **LINGOTTO S.R.L.**

Spi 4

LOCALITÀ **TORINO**

SITUAZIONE **Area parcheggio interrato**

METODO DI PERFORAZIONE **pot. 127/101**

NOTA D'INIZIO **D.C.**

DATA: dal **01/07/91**

al **02/07/91**

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometro (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero	R.Q.D. %	Profondità manovra perforaz.
									20 40 60 80	20 40 60 80	Ø perforaz.
		0.20		0.20				CONGLOMERATO OLCIUMOSO			
		-1.70		-1.70				riporto : breccia media in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigiastra . Pres. elementi bituminosi e resti di mattoni			
50R 38	3.00 6cm	3.40	A	3.40				ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 8 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa da marrone a marrone grigiastra . Pres. tracce di cementazione			
25 15 40	4.50	4.00		4.00	5			sabbia media deb. limosa marrone chiaro con ghiaia loc. alterata ghiaietto e ciottoli (Ø max 11 cm) . Pres. trovante (pot. 20 cm)			
16 34 9	6.00	7.00	B	6.00				ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa limosa marrone rossastra			
4 5 4	7.50	8.30		8.30				sabbia media deb. limosa marrone chiaro con ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 13 cm)			
50R	9.00 7cm	10.90 11.20		10.90 11.20	10			CONGLOMERATO AD ELEMENTI MEDIO GROSSOLANI A MATRICE ARENACEA DEB. CEMENTATO			
50R	12.00 13cm	14.20	C	14.20	15			sabbia da deb. limosa a limosa marrone con ghiaia e ghiaietto loc. alterati . Pres. ciottoli (Ø max 12 cm) e localm. ghiaia alterata e degradata in sabbia grossolana bianca e verdastria			
50R	15.00 13cm	16.50		16.50				conglomerato ad elementi medio grossolani a matrice arenacea deb. cementato			
50R	18.00 7cm	18.00 19.30	D	18.00 19.30	20			sabbia medio grossolana limosa marrone brunastra con ghiaia e ghiaietto loc. alterati . Pres. rari ciottoli (Ø max 11 cm)			
		20.50		20.50	20			ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa marrone brunastra			
		25			25						
		30			30						

2, 3 : camp. indisturbate
Shelby d : Denison
Mazier o : Osterberg
percussione
B, C : campioni rimaneggiati

S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm
V.T. : s vane test (Kg/cm²) : max/residuo
R.Q.D. : rock quality designation



data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
07.91	7.50	7.50	assente				

ALLEGATI: 1

STRATIGRAFIA - S 62

SCALA 1:75 Pagina 1/1

Riferimento: SERVIZI INDUSTRIALI	Sondaggio: S 62
Località: FIAT AVIO-VIA NIZZA, TORINO	Quota:
Impresa esecutrice: EUROGEO S.R.L.	Data: 13/10/2005
Coordinate:	Redattore: DR. PIERI

Prof. m	R	A	Pz	metri bat	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prof. % 0-100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0-100	prof. m	DESCRIZIONE
				0									0.8	Cemento
				1									2.1	Riparto: sabbia debolmente limosa con ghiaia e laterizi.
				2									2.6	Limo sabbioso grigio marrone
				3									7.6	Sabbia ghiaiosa grigia con rari ciottoli anche decimetrici
				4										
				5										
				6										
				7										
				8										
				9										
				10									10.0	Ghiaia debolmete sabbiosa coir marrone con rari ciottoli
				11										
				12										
				13										
				14										
				15									15.0	Sabbia e ghiaia con ciottoli

STRATIGRAFIA POZZO A

A

- 0 ÷ 0.40 metri battuto calcestruzzo (5 cm) e sottofondo ghiaioso - sabbioso
- 0.40 ÷ 1.35 metri suolo bruno sabbioso - argilloso (Campione 1).
- 1.35 ÷ 2.40 metri ghiaia con ciottoli (\emptyset max 15 cm) leggermente alterati con scarsa matrice sabbiosa - limosa bruna. I ciottoli, a spigoli arrotondati, sono rappresentativi di varie litologie (principalmente gneiss, micascisti, pietre verdi) (Campione 2).
- 2.40 ÷ 3.10 metri ghiaia e ciottoli (\emptyset max 25 cm) in matrice sabbiosa grigia (Campione 3).
- 3.10 ÷ 3.80 metri sabbia e ghiaia grigia con rari ciottoli (\emptyset max 15 cm) (Campione 4; centro finestra -3,35 metri da piano campagna).
- 3.80 ÷ 4.50 metri sabbia grossolana grigia con ghiaia e ciottoli (\emptyset max 15 cm) (Campione 5).
- 4.50 ÷ 8.50 metri sabbia grigia e ghiaia con ciottoli (\emptyset max 25 cm) con locali livelli decimetrici di sola ghiaia (Campione 6-7-8-9-10; finestre -5,22 metri e -8,23 metri).
- 8.50 ÷ 14.30 metri sabbia grossolana bruna con ghiaia sciolta molto addensata; ad una profondità di circa 11 metri è presente una lente di potenza decimetrica di conglomerato con estensione areale estremamente limitata (Campioni 11-12-13-14-15; finestre -11,10 metri e -13,02 metri).

STRATIGRAFIA POZZO B

B

- 0 ÷ 1.10 metri terreno di riporto (ciottoli Ø max 15 cm e ma cerie di laterizi con matrice limosa bruna).
- 1.10 ÷ 1.50 metri suolo argilloso bruno - rossastro limoso.
- 1.50 ÷ 2.10 metri ghiaia con abbondante sabbia grossolana bru na e rari ciottoli arrotondati con Ø max 10 cm. Gli elementi lapidei, leggermente alterati, sono rappresentativi di varie litologie (prin- cipalmente gneiss, micascisti, pietre verdi) (Campione 1).
- 2.10 ÷ 4.20 metri ghiaia con frequenti ciottoli Ø max 10 cm immersi in matrice sabbiosa grossolana grigia (Campioni 2-3; centro finestra -2,96 metri da piano campagna).
- 4.20 ÷ 6.70 metri idem precedente con ciottoli Ø max 25 cm (Campioni 4-5-6; finestra -4,86 metri).
- 6.70 ÷ 7.00 metri livelli cementati di ghiaia e sabbia grigia gros solana con ciottoli Ø max 10 cm alternati a li- velli di ghiaia e sabbia sciolta. I livelli cemen- tati sono molto discontinui lateralmente (Campioni 7-8).
- 7.00 ÷ 7.80 metri sabbia sciolta con ghiaia (Campione 9; fine- stra -7,36 metri).
- 7.80 ÷ 9.00 metri conglomerato fluviale poligenico fortemente ce mentato con ciottoli con diametro massimo 10 cm e rare lenti di ghiaia e sabbia sciolte; è estremamente resistente allo scavo (Campione 10).
- 9.00 ÷ 12.0 metri idem livello precedente ma non sono presenti lenti di materiali sciolti (Campione 11-12-13; finestre -9,58 metri e -11,95 metri).
- 12.0 ÷ 12.50 metri sabbia grossolana bruna sciolta fortemente ad densata con subordinata ghiaia (Campione 14).
- 12.50 ÷ 13.0 metri sabbia, ghiaia e ciottoli (diametro massimo 25 cm sciolte fortemente addensate (Campione 15).

13.0 + 14.15 metri conglomerato fluviale poligenico inizialmente poco cementato poi in profondità molto cementato e resistente allo scavo (Campione 16).

STRATIGRAFIA POZZO C

C

- 0 ÷ 1.00 metri terreno di riporto (ciottoli e macerie di laterizi in matrice limosa bruna).
- 1.00 ÷ 1.70 metri ghiaia con sabbia grossolana bruna e ciottoli Ø max 10 cm arrotondati leggermente alterati rappresentativi di varie litologie (principalmente gneiss, micascisti e pietre verdi) (Campione 1).
- 1.70 ÷ 3.80 metri ghiaia con ciottoli Ø max 10 cm in matrice sabbiosa grossolana grigia (Campione 2; centro finestra -3,33 metri da piano campagna).
- 3.80 ÷ 5.00 metri idem precedente con ciottoli Ø max 25 cm; a circa -4,80 m sono presenti rari ciottoli Ø 40 cm (Campioni 3-4).
- 5.00 ÷ 6.80 metri ghiaia con sabbia grossolana grigia con frequenti ciottoli Ø max 10 cm (Campioni 5-6; finestra -5,36 metri).
- 6.80 ÷ 9.00 metri conglomerato fluviale poligenico con ciottoli con diametro massimo 15 cm. Si tratta di un'alternanza molto regolare fra livelli potenti 20 ÷ 30 cm di depositi debolmente cementati e depositi fortemente cementati. Nel complesso il materiale è poco resistente allo scavo (Campioni 7-8-9-10-11, finestra -7,40 metri).
- 9.00 ÷ 11.00 metri alternanza come precedente, ma con presenza di una matrice sabbiosa fine marrone chiaro; i ciottoli si presentano di frequente intensamente alterati. Il materiale è poco resistente allo scavo (Campioni 12-13; finestre -9,44 metri e -11,53 metri).
- 11.0 ÷ 12.50 metri sabbia grossolana bruna e ghiaia sciolta (Campione 14).
- 12.50 ÷ 15.50 metri limo nocciola leggermente plastico con rari

ciottoli molto alterati con diametro 1 ÷ 2
cm (Campioni 15-16-17; finestra -12,86
metri).

15.50 ÷ 16.10 metri sabbia limosa bruna. Il passaggio fra
questo deposito ed il limo soprastante non
è netto ma avviene gradualmente. (Campio
ne 18).

Livello statico in data 25/09/89: - 15,70 da P.C.