



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



MINISTERO  
DELL'INTERNO



CITTA' DI TORINO

Dipartimento Manutenzioni e Servizi Tecnici  
Divisione Manutenzioni  
Servizio Edilizia Residenziale Pubblica e per il Sociale

**PNRR - MISURA M5C2 INVESTIMENTO 2.1 RIGENERAZIONE URBANA  
RIQUALIFICAZIONE DELL'AREA VEGLIO "AMBITO URBANO 4.4 VEGLIO"  
CON SISTEMAZIONI ESTERNE E REALIZZAZIONE DI ALLOGGI DI EDILIZIA  
RESIDENZIALE PUBBLICA E SERVIZI (ASPI) - (COD. OPERA 4924)**

CUP	C11B21003840001
Codice Servizio:	ST-EDABSO
Codice Lavoro:	NU-STR
Codice Elaborato:	REL - GEO
Indice di rev. elaborato	01
Data revisione:	16 Maggio 2023
Elaborato n°	6
Scala Grafica	-
Nome file	0979-DO-GEO



**PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE**

Elaborato	Relazione geologica e geotecnica	
<b>Gruppo di progettazione</b>		
incaricato con Determinazione Dirigenziale atto. n. DD6462 del 12 dicembre 2022		
Nome Cognome	Ruolo	Area di competenza
Arch. Luca MORETTO 	Progettista opere architettoniche Coordinatore gruppo di progettazione Responsabile integrazione prestazioni specialistiche	Edilizia - Strutture - Impianti
Ing. Silvano VEDELAGO MEDIAPOLIS ENGINEERING S.r.l. 	Progettista opere strutturali	Strutture
Ing. Marcello PRINA MEDIAPOLIS ENGINEERING S.r.l. 	Progettista impianti meccanici, elettrici e antincendio	Impianti meccanici, elettrici e antincendio
Ing. Franco FOGLIATO MEDIAPOLIS ENGINEERING S.r.l. 	Coordinatore sicurezza in progettazione	Sicurezza
Arch. Fabrizio VALLERO 	Tecnico esperto di analisi del rischio climatico	CAM - DNSH
Ing. Stefano VEGGI DESMOS S.r.l. 	Progettista bonifica	Bonifica
Ingg. Stefano ROSTAGNO / Brian BARBINI BRAINS DIGITAL S.r.l. 	BIM Manager / BIM coordinator	BIM
Arch. SILVIA DERIU	Giovane professionista	Edilizia

**Responsabile Unico Procedimento:** Arch. Eros PRIMO

**Supporto al R.U.P.:** Arch Simona MONTAFIA

**Supporto al R.U.P.:** Geom. Claudio MASTELLOTTO

## INDICE

1. Premessa.....	2
2. Normativa di riferimento .....	2
3. Documentazione geologica di inquadramento .....	3
4. Inquadramento morfologico.....	4
5. Inquadramento geologico.....	5
6. Vincoli di pianificazione .....	8
7. Indagini pregresse .....	9
8. Assetto litologico locale.....	10
9. Caratteristiche idrogeologiche .....	12
10. Caratteristiche geotecniche .....	13
11. Caratterizzazione sismica.....	15
12. Problematiche geotecniche .....	16

Appendice A - Risultati indagini geognostiche pregresse

Appendice A - Verifiche di capacità portante

## **1. Premessa**

La presente relazione illustra i risultati degli studi geologici e geotecnici realizzati a corredo del progetto “PNRR rigenerazione urbana: riqualificazione dell'area Veglio Ambito Urbano 4.4 Veglio - in Torino - con sistemazioni esterne e realizzazione di alloggi di edilizia residenziale pubblica e servizi ASPI” nella Città di Torino.

Gli studi, svolti tramite esame della bibliografia disponibile sull'area, sopralluoghi e rilievi sul terreno, visione di fotografie aeree, analisi dei risultati delle campagne d'indagine geognostica pregresse, hanno permesso di:

- definire l'assetto geomorfologico e geologico;
- definire l'assetto idrogeologico locale e le caratteristiche della circolazione idrica sotterranea;
- definire la stratigrafia dei terreni;
- valutare le caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni.

Le attività sul terreno e in studio sono state finalizzate, in particolare, a:

- acquisizione e revisione critica della cartografia e della bibliografia geologica disponibile per l'area;
- svolgimento di rilievi geologici e geomorfologici di terreno per inquadrare l'area nel contesto evolutivo del territorio;
- analisi dei risultati delle indagini geognostiche eseguite in passato sul sito;
- definizione dell'andamento della superficie piezometrica della falda;
- schematizzazione stratigrafica e geotecnica del terreno di fondazione presente nell'area in esame;
- definizione della categoria sismica del terreno di fondazione.

## **2. Normativa di riferimento**

La presente relazione è redatta nel rispetto delle prescrizioni contenute nella normativa vigente:

- D.M. 17/01/2018 - *Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le costruzioni»*
- Circolare 21/02/2019 n. 7, C.S.LL.PP. - *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018»*

- D.M. Min LL.PP. 11/03/1988 - *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*
- O.P.C.M. n.3274 20.03.03 - *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*
- O.P.C.M. n.3519 28.04.06 - *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*
- D.G.R. 19 gennaio 2010, n. 11-13058 - *Aggiornamento ed adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)*
- Città di Torino - *Norme Urbanistico Edilizie di Attuazione del P.R.G.C.*

### **3. Documentazione geologica di inquadramento**

È stata consultata la seguente documentazione:

- F. 56 "Torino" della Carta Geologica d'Italia scala 1 : 100.000
- ISPRA Progetto CARG F. 155 "Torino Ovest" Carta Geologica scala 1 : 50.000
- Città di Torino - Studi geologici a corredo P.R.G.C.
- Città di Torino - Rete piezometrica metropolitana della Città di Torino
- Città Metropolitana di Torino - Catasto delle derivazioni e scarichi di acque reflue della Città Metropolitana di Torino
- Città Metropolitana di Torino - Rete di controllo del livello delle acque sotterranee - [www.provincia.torino.it/ambiente/rifiuti/gestione/acquesott](http://www.provincia.torino.it/ambiente/rifiuti/gestione/acquesott)
- Regione Piemonte - Piano di Tutela delle Acque
- Civita & Pizzo "L'evoluzione spazio-temporale del livello piezometrico dell'acquifero libero nel sottosuolo di Torino", GEAM dicembre 2001
- Provincia di Torino (2002) – Le acque sotterranee della Pianura di Torino - Provincia di Torino Area Ambiente, Parchi, Risorse Idriche e Tutela della Fauna - Servizio Gestione Risorse Idriche – Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze della Terra;
- Arpa Piemonte – sistema informativo geografico on line - Banca Dati Geotecnica
- Regione Piemonte - Carta delle isopiezometriche della falda idrica a superficie libera relativa al territorio di pianura della Regione Piemonte, 2002

#### **4. Inquadramento morfologico**

L'area in esame è situata nel settore nord del concentrico comunale di Torino, in un territorio già intensamente antropizzato al contorno (Figura 1 - estratto da BDTRE Piemonte scala 1 : 10.000).

Dal punto di vista geomorfologico il sito corrisponde a una superficie pianeggiante, estesa nell'intorno della quota 250 metri s.l.m., all'interno dell'esteso apparato di paleoconoide fluvio-glaciale della Dora Riparia. Tale paleoconoide corrisponde a una struttura poligenica derivante dalla sovrapposizione nell'arco di un esteso intervallo temporale di vari apparati fluvio-glaciali e fluviali di età diversa, che nella configurazione attuale risultano incastrati l'uno nell'altro, con la parziale asportazione delle forme più antiche a seguito della messa in posto degli apparati via via più recenti.

L'attività di modellamento esplicita dalla rete idrografica principale ha comportato l'incisione e la conseguente separazione in varie porzioni di questa superficie, che attualmente risulta posta a quote sensibilmente superiori e non più in relazione morfoevolutiva con i corsi d'acqua.

Il sito in studio, nello specifico, è ubicato nell'ambito del terrazzo fluvio-glaciale del Pleistocene medio, decisamente sopraelevato rispetto agli alvei attuali dei corsi d'acqua principali. I fiumi Dora Riparia (localizzato circa 2.500 m a sud) e Stura di Lanzo (a circa 900 m a nord) rappresentano i corsi d'acqua più prossimi, ed entrambi hanno l'alveo incassato e con le sponde delimitate da ben definite scarpate di modellamento fluviale.

In definitiva, i caratteri territoriali dell'area individuata consentono di verificare:

- l'assenza di fenomeni di dissesto gravitativo in atto o potenziali, in relazione alla configurazione pianeggiante del sito e di un vasto intorno circostante, nonché alla totale assenza di dislivelli, incisioni e fenomeni erosivi;
- l'assenza di potenziali interferenze con la dinamica del reticolo idrografico principale, in funzione della distanza significativa del sito rispetto a tutti i corsi d'acqua principali, nonché alla sua posizione altimetrica significativamente sopraelevata rispetto alle quote degli alvei;
- sempre con riferimento al punto precedente, l'area di intervento individuata si colloca decisamente all'esterno delle fasce di rispetto fluviale dei corsi d'acqua normate dall'Autorità di Bacino del F. Po.

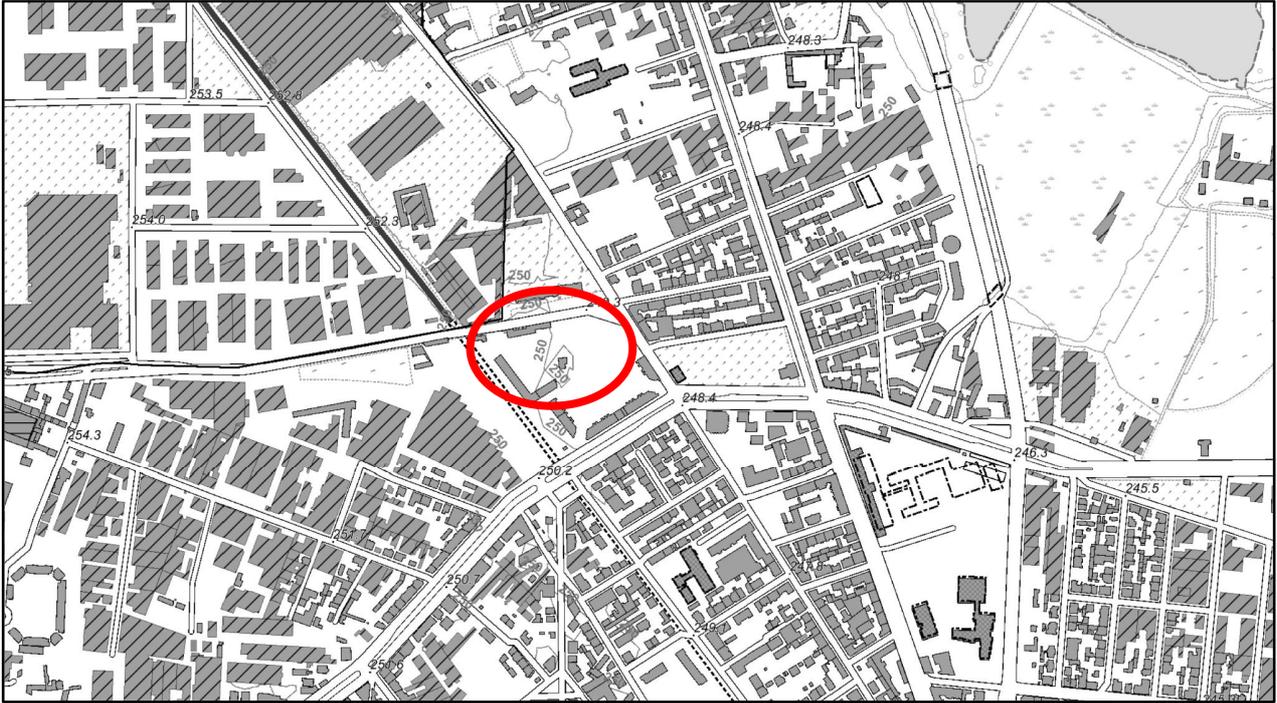


Figura 1 - Estratto da BDTRE Piemonte scala 1 : 10.000

## 5. Inquadramento geologico

L'assetto geologico dell'area è condizionato dalle fasi d'avanzata e regresso, nel Pleistocene, del grande ghiacciaio che occupava la Val di Susa, durante le quali si formavano estesi depositi morenici e depositi fluvioglaciali e fluviali che si spingevano fin quasi al piede della Collina di Torino.

In particolare, l'area si inserisce nell'ampia pianura fluvioglaciale e fluviale la cui sedimentazione è legata alla dinamica del fiume Dora Riparia, oltre che agli apporti delle acque di scioglimento dei ghiacciai che hanno edificato l'anfiteatro morenico di Rivoli - Avigliana allo sbocco in pianura della Val di Susa.

Il Foglio 56 "Torino" della Carta Geologica d'Italia scala 1 : 100.000 (Servizio Geologico d'Italia, 1969), cartografa in superficie terreni attribuibili al Pleistocene medio di origine fluvioglaciale, definiti come "*Depositi ghiaioso-sabbiosi con paleosuolo rosso-arancio, perlopiù terrazzati, corrispondenti al livello fondamentale dell'alta pianura, raccordantisi con le cerchie moreniche rissiane*" (uno stralcio del Foglio 56 è riportato nella Figura 2).

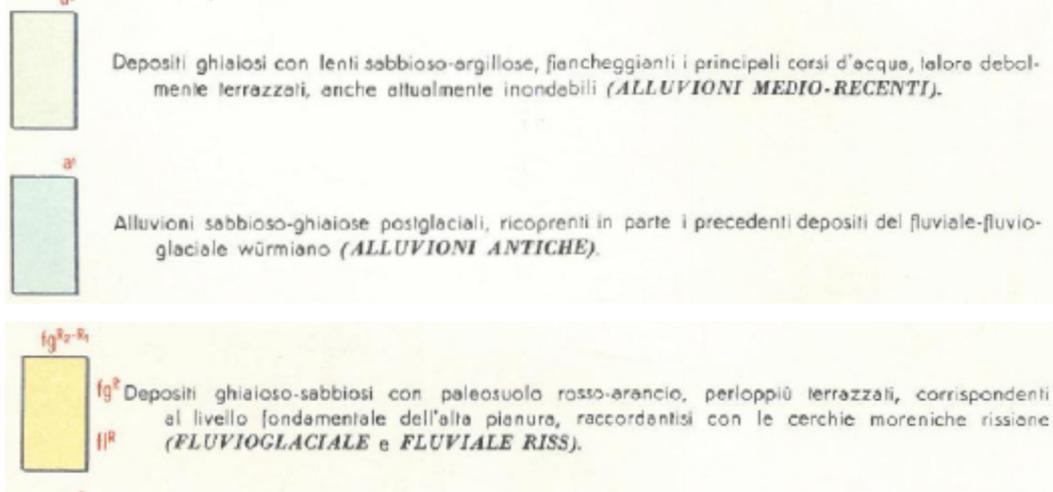
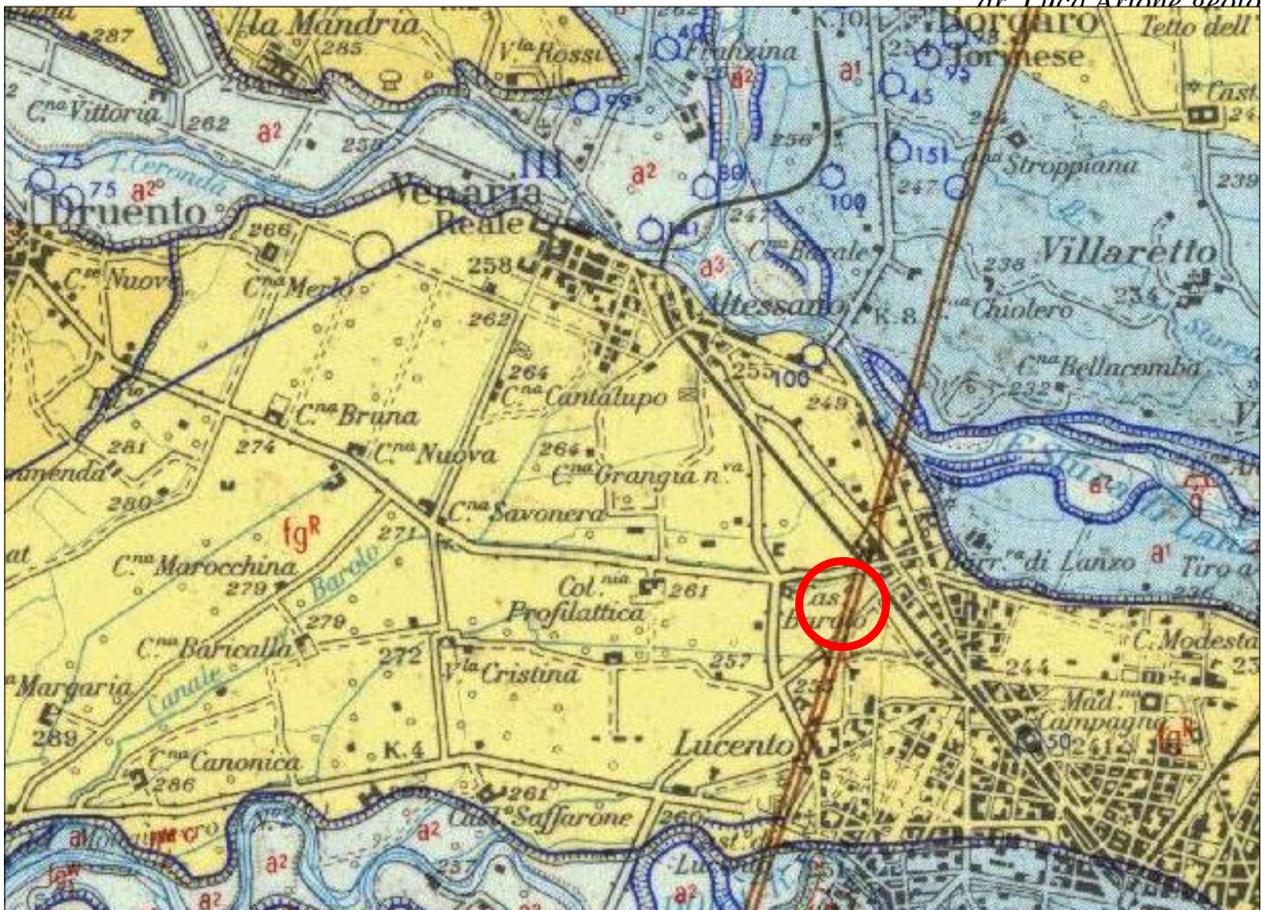


Figura 2 - Estratto da Foglio 56 "Torino" della Carta Geologica d'Italia (fuori scala)

La cartografia geologica nazionale a scala 1 : 50.000 nel Foglio 155 "Torino Ovest" (stralcio in Figura 3) indica che in superficie nell'area sono presenti terreni appartenenti alla "Copertura Pliocenico - Quaternaria, Bacino del Fiume Dora Riparia, Sintema di Regia Mandria - Subsintema di Venaria Reale". Litologicamente si tratta di "ghiaie a pezzatura relativamente omogenea con scarsa matrice sabbiosa grossolana, mediamente alterate. I clasti sono costituiti da prevalenti serpentiniti, peridotiti e gneiss (depositi fluviali - RGM1b)".

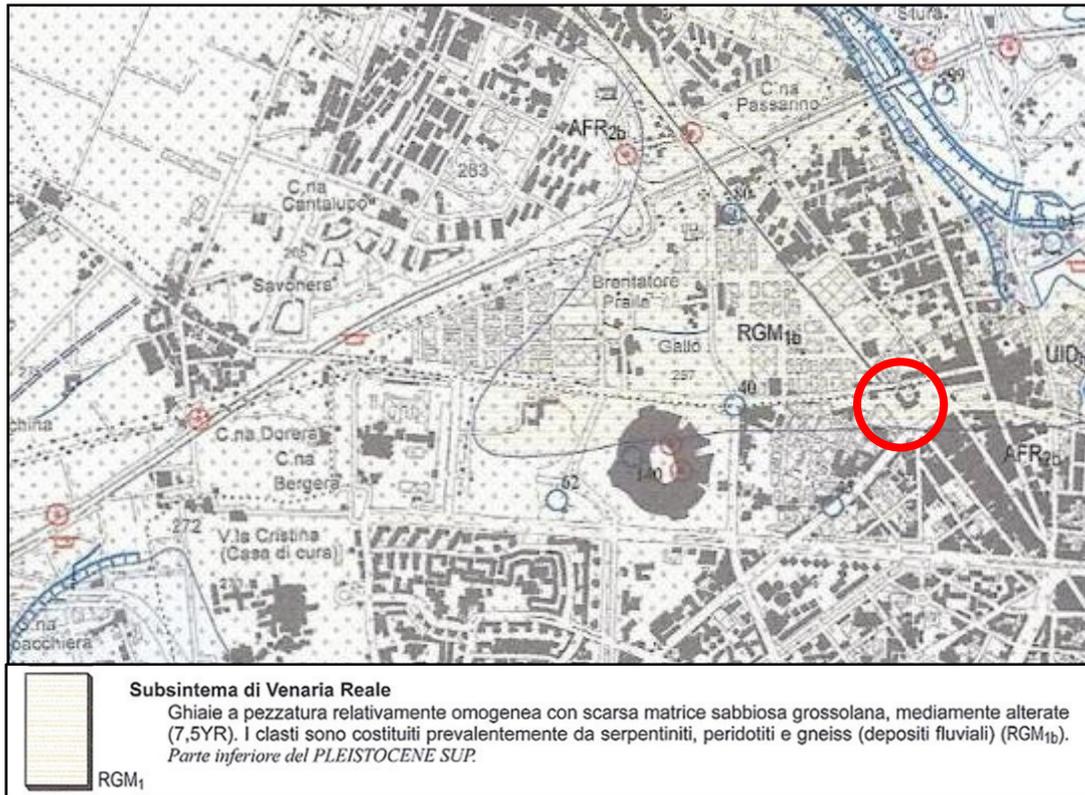


Figura 3 - Estratto da Foglio 155 “Torino Ovest” scala 1 : 50.000 ISPRA (fuori scala)

In questo settore di pianura sono dunque presenti, in affioramento e sino a profondità superiori a quelle di interesse progettuale, depositi continentali di età quaternaria relativi a diversi tipi di ambiente (fluviale, fluvio-glaciale ed eolico), poggianti su un substrato locale costituito da depositi fluvio-lacustri e marini di età pleistocenico-pliocenica. Sulla base dei dati diretti di superficie, integrati con i risultati delle indagini disponibili (sondaggi e perforazioni per acqua), è possibile suddividere il sottosuolo della pianura nell’ambito territoriale di interesse in complessi con caratteristiche litostratigrafiche omogenee. Procedendo dall’alto verso il basso, in particolare, sono individuate le seguenti unità, a partire dai termini più recenti:

#### Depositi fluviali e fluvio-glaciali (età Pleistocene medio-superiore)

Prevalenti ghiaie e sabbie con livelli limoso-argillosi e localmente orizzonti cementati. In superficie è presente, dove non asportato dall’attività antropica, un paleosuolo a granulometria limosa color rosso arancio con spessore di ordine metrico.

Lo spessore complessivo noto può raggiungere i 40 m.

Depositi fluvio-lacustri in facies “Villafranchiana” (età Pliocene sup.- Pleistocene inf)

Alternanze di sedimenti di ambiente fluviale (ghiaie e sabbie) e di ambiente lacustre-palustre (limi e argille, con resti vegetali). L’unità è sempre estesamente ricoperta dai depositi continentali più recenti ed è individuabile nell’area solo con i sondaggi sufficientemente approfonditi (lunghezza > 30 ÷ 50 m) e le perforazioni per acqua.

I depositi del Villafranchiano sono presenti in corrispondenza dell’area a partire da profondità dell’ordine dei 35 - 40 m dal p.c. sino ad almeno 200 m (dati desunti dalle perforazioni per acqua eseguite nelle zone circostanti). Il substrato locale, costituito dalla successione sabbioso-argillosa pliocenica, affiora solo al margine della Collina di Torino

## 6. Vincoli di pianificazione

È stata esaminata la classificazione dell’area rispetto alla presenza di vincoli di carattere geomorfologico o idrogeologico legati alla pianificazione del territorio.

### Piano Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI), predisposto dall’Autorità di Bacino del fiume Po e adottato con D.P.C.M. in data 24 maggio 2001, costituisce uno strumento funzionale a garantire al territorio del bacino del fiume Po e ai suoi affluenti un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, definendo le fasce di pertinenza fluviale della rete idrografica principale.

L’area di intervento è esterna alle fasce fluviali dei fiumi Dora Riparia e Stura di Lanzo e non è dunque soggetta ai vincoli normativi previsti dal PAI (Figura 4 – Fasce PAI).

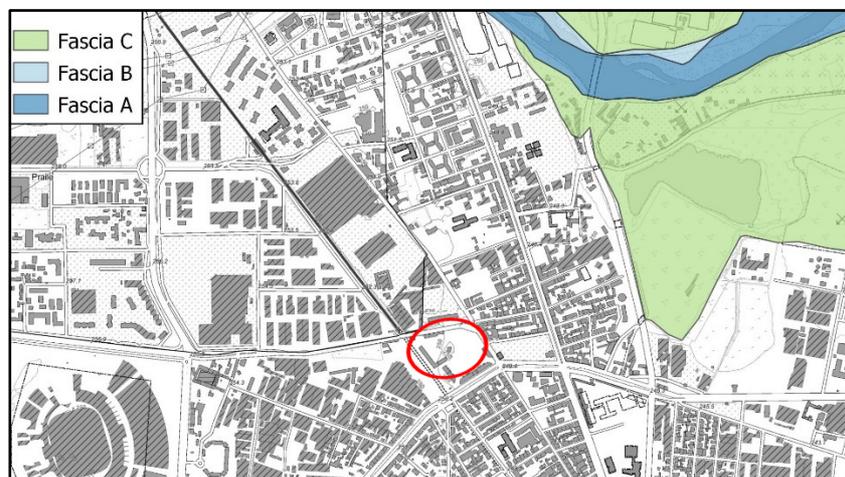


Figura 4 – Fasce PAI

### Piano Regolatore Generale Comunale

L'area d'intervento è classificata nella "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" del P.R.G.C. (Tav. 3 foglio 4B, scala 1 : 5.000), in Classe I(P), corrispondente ad aree con pericolosità assente, definita nelle N.U.E "Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11/03/88 e del D.M. 14.1.2008 "Approvazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni".

Il P.R.G.C. evidenzia che il sito d'intervento non presenta problematiche di stabilità globale.

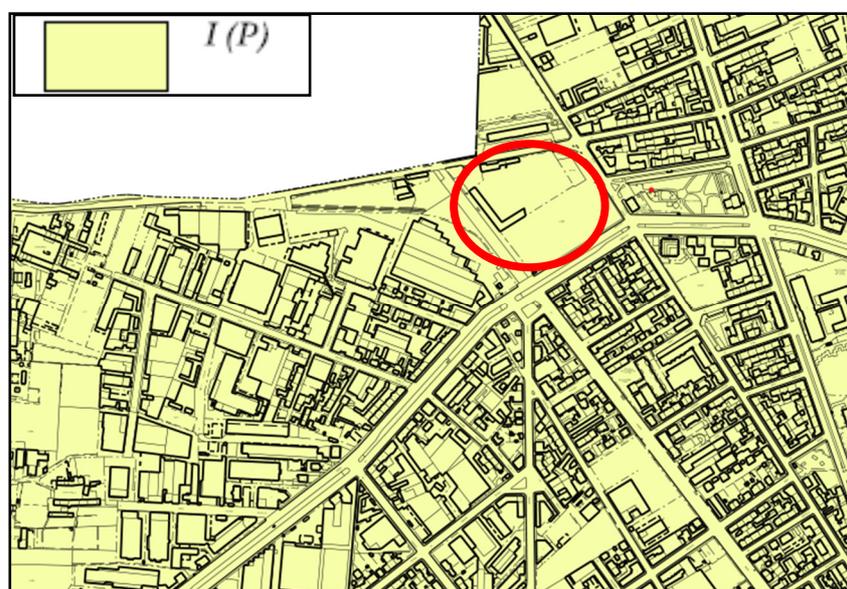


Figura 5 - Estratto da "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" del P.R.G. (fuori scala)

### **7. Indagini pregresse**

Sull'area oggetto di intervento sono state eseguite più campagne di indagine volte a definire le caratteristiche geotecniche e ambientali del sito (Figura 6 – planimetria ubicazione indagini in sito, tratta da "Variante al Progetto Operativo di Bonifica della componente suolo e sottosuolo ricompreso nella "Riquilificazione dell'Area Veglio" – Ambito Urbano 4.4 Veglio, 2023").

In particolare, al fine della caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni è stata realizzata una campagna di indagine nel 2009 consistita in:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo con profondità di 25 m da p.c. (S3);

- n. 3 sondaggi a carotaggio continuo con profondità di 18 m da p.c. (S1, S2, S4);
- n. 36 prove penetrometriche dinamiche SPT nel foro di sondaggio.

Le stratigrafie dei sondaggi sono riportate in Appendice A.

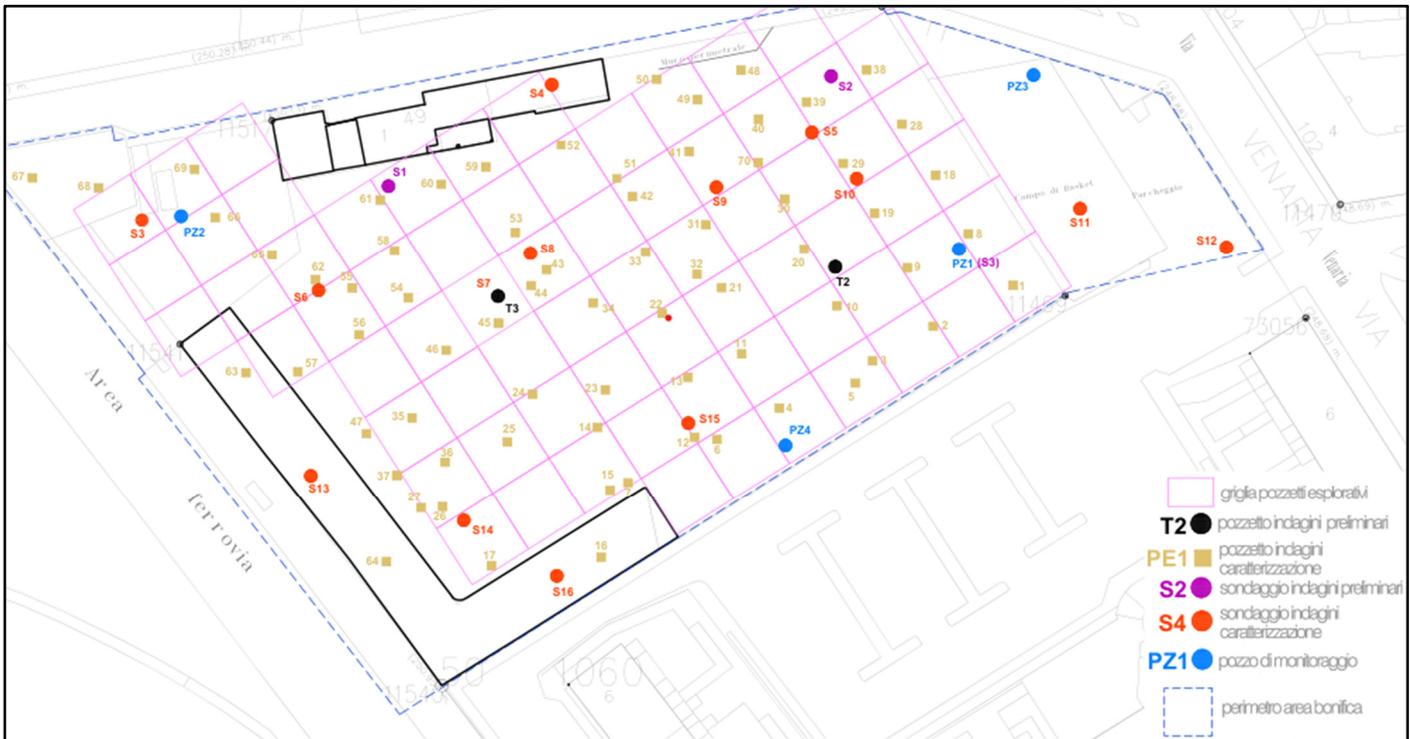


Figura 6 – ubicazione indagini geognostiche e ambientali (tratto da “Variante al Progetto Operativo di Bonifica della componente suolo e sottosuolo ricompreso nella “Riquilificazione dell’ Area Veglio” – Ambito Urbano 4.4 Veglio, 2023”

## 8. Assetto litologico locale

Le indagini geognostiche effettuate in sito, integrate dai dati di bibliografia tecnica, hanno consentito la definizione dell’assetto litologico locale, caratterizzato dalla presenza di tre unità litologiche sovrapposte:

- Unità A -Terreni di riporto: in superficie è presente una coltre di terreni di riporto costituiti prevalentemente da frazione grossolana, sabbioso-ghiaiosa, con occasionale presenza di ciottoli e laterizi, con alla base talora presenza di residui di lavorazione (sabbie, scaglie e scorie). I materiali di riporto presentano mediamente spessore inferiore al metro, solo localmente presentano spessori fino a 3,35 m, come evidenziato in Figura 7.

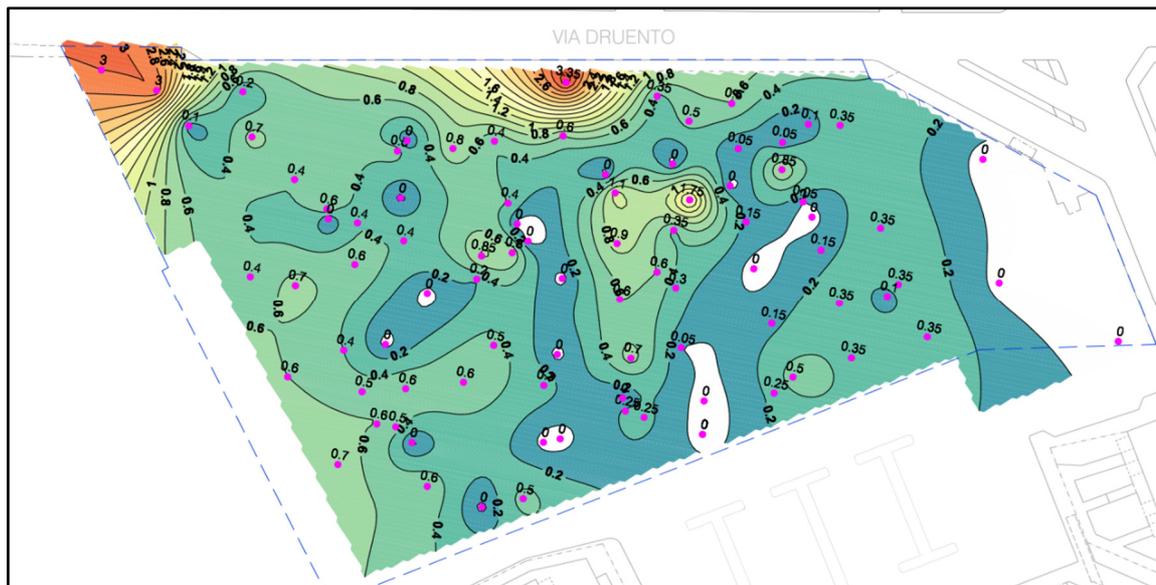


Figura 7 – spessore stimato materiale di riporto (tratto da “Variante al Progetto Operativo di Bonifica della componente suolo e sottosuolo ricompreso nella “Riquilificazione dell’ Area Veglio” – Ambito Urbano 4.4 Veglio, 2023”

- Unità B - Ghiaia con sabbia: inferiormente ai terreni di riporto è stata intercettata fino a profondità di circa 22 m da p.c. della ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa debolmente limosa, di colore da grigio bruno a bruno rossastro; gli elementi lapidei sono arrotondati, con diametro massimo di 10 - 12 cm, esenti da alterazione intensa.
- Unità C - Limo: dalla profondità di circa 22 m è stato intercettato per tutta la profondità di indagine (25 m da p.c.) del limo da sabbioso ad argilloso, consistente.

In sintesi, la stratigrafia dei terreni è così riepilogabile (quote da piano campagna attuale):

PROFONDITÀ DA p.c. [m]	LITOLOGIA	UNITÀ
0,00 – 1 / 3,3	materiali di riporto (ghiaia e sabbia, con occasionale presenza di ciottoli e laterizi)	Unità A
1 / 3,3 - 22	ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa debolmente limosa, di colore da grigio bruno a bruno rossastro	Unità B
22 - 25	limo da sabbioso ad argilloso, consistente	Unità C

## 9. Caratteristiche idrogeologiche

I depositi fluviali, caratterizzati da un buon grado di permeabilità primaria dovuta alla granulometria grossolana dei terreni (ghiaia con sabbia), originano l'acquifero superficiale delimitato alla base dai livelli impermeabili argillosi del Villafranchiano.

L'acquifero superficiale è sede della falda libera, in diretta connessione con i corpi idrici superficiali, caratterizzata, secondo i dati di bibliografia (Regione Piemonte - Carta delle isopiezometriche della falda idrica a superficie libera relativa al territorio di pianura della Regione Piemonte, 2002 - un estratto è riportato in Figura 8), da:

- direzione del deflusso sotterraneo da ovest verso est, per effetto della forte azione drenante operata dal F. Po;
- livello piezometrico nel sito di intervento di 230 m s.l.m., cui corrisponde una soggiacenza da p.c. di circa 20 m, dato congruente con quanto rilevato nel corso delle indagini geognostiche effettuate nel 2009.

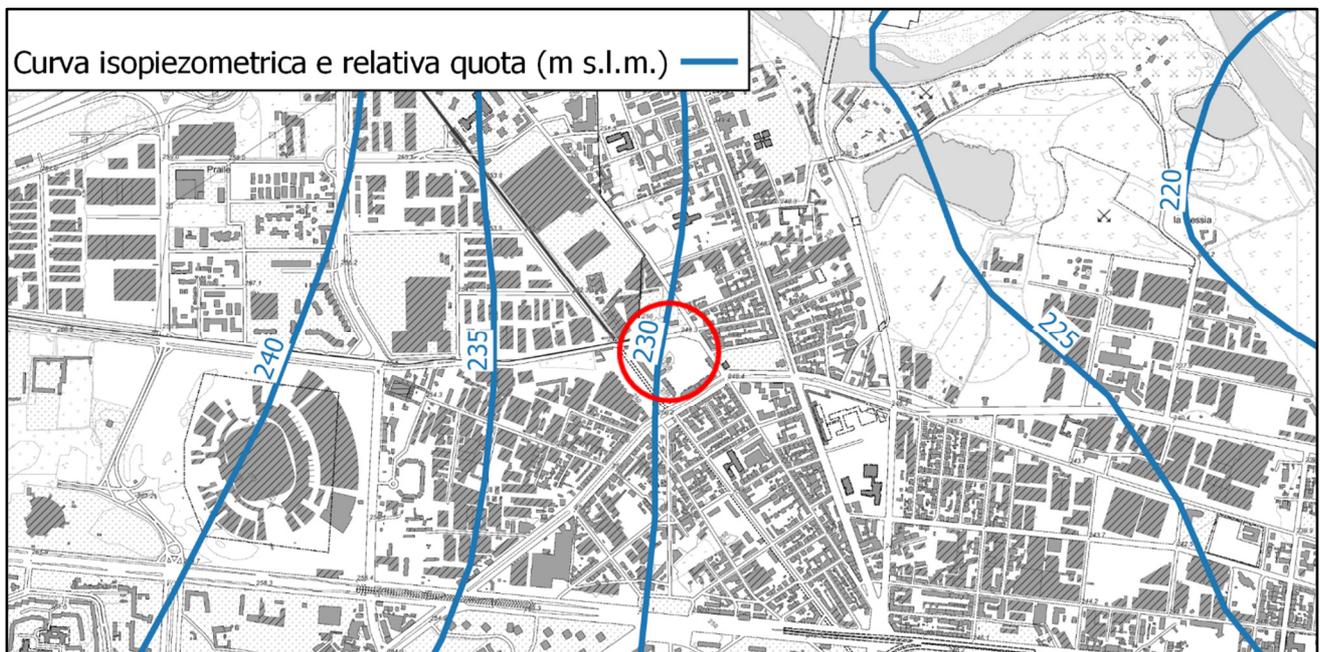


Figura 8 – estratto da Regione Piemonte - Carta delle isopiezometriche della falda idrica a superficie libera relativa al territorio di pianura della Regione Piemonte, 2002

## **10. Caratteristiche geotecniche**

L'assetto geotecnico locale nel sito intervento è caratterizzato, per la profondità di interesse progettuale, dalla presenza di due unità sovrapposte:

- Unità A - Terreni di riporto: in superficie è presente una coltre di terreni di riporto costituiti prevalentemente da frazione grossolana, sabbioso-ghiaiosa, con occasionale presenza di ciottoli e laterizi, con alla base talora presenza di residui di lavorazione (sabbie, scaglie e scorie). I materiali di riporto presentano mediamente spessore inferiore al metro, solo localmente presentano spessori fino a 3,35 m.
- Unità B - Ghiaia con sabbia: inferiormente ai terreni di riporto è stata intercettata fino a profondità di circa 22 m da p.c. della ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa debolmente limosa, di colore da grigio bruno a bruno rossastro; gli elementi lapidei sono arrotondati, con diametro massimo di 10 - 12 cm, esenti da alterazione intensa.

Nel sito d'intervento sono presenti terreni incoerenti. Per questo tipo di materiali, non essendo possibile il prelievo di campioni indisturbati, la caratterizzazione è usualmente condotta con riferimento alle prove eseguite in sito e in particolare alle prove SPT (Standard Penetration Test) effettuate nel foro di sondaggio, valutando i parametri di resistenza e deformazione mediante l'uso di collaudate correlazioni empiriche.

Nel corso della campagna di indagine effettuata nel 2009 sono state eseguite n. 36 prove SPT in foro (i risultati sono riepilogati in Tabella 1), che sono quasi sempre giunte a rifiuto, non consentendo dunque di giungere a una valutazione statistica dei dati ottenuti dall'applicazione delle correlazioni empiriche di letteratura.

I valori estremamente elevati, quasi sempre a rifiuto, delle prove SPT sono da imputare sia all'elevato stato di addensamento dei materiali che alla presenza di ciottoli che potrebbero avere provocato la sovrastima dei valori ottenuti.

Sond.	Profondità [m] da p.c.	n° colpi	N <sub>SPT</sub>		Sond.	Profondità [m] da p.c.	n° colpi	N <sub>SPT</sub>
S1	2,20	2-7-9	16		S3	2,00	R	
S1	4,00	12-R			S3	4,00	R	
S1	6,00	36-R			S3	6,00	45-R	
S1	8,10	37-R			S3	8,00	42-R	
S1	10,00	R			S3	10,00	R	
S1	12,00	R			S3	12,00	47-R	
S1	14,00	38-R			S3	14,00	R	
S1	16,00	40-R			S3	16,00	29-31-R	
S1	18,00	R			S3	18,00	14-22-41	63
S2	2,00	5-16-18	34		S4	2,00	7-11-8	19
S2	4,40	R			S4	4,00	12-20-38	58
S2	6,40	R			S4	6,20	R	
S2	8,00	R			S4	8,00	47-R	
S2	10,00	R			S4	10,00	R	
S2	12,20	R			S4	12,00	R	
S2	14,00	44-R			S4	14,00	48-R	
S2	16,00	R			S4	16,00	29-R	
S2	18,00	46-R			S4	18,00	18-28-32	60

Tabella 1 - risultati prove SPT

Tenuto conto dei risultati delle prove penetrometriche in sito e dei dati di bibliografia, è possibile giungere alla seguente definizione dei parametri geotecnici dell'unità d'interesse progettuale:

Unità A - terreni di riporto (0,00 – 1 / 3,35 m da p.c.)

Trattandosi di materiali antropici, non è possibile determinarne con precisione, sulla base delle sole indagini puntuali, la natura e geometria laterale. I parametri sotto riportati devono dunque essere intesi come valori medi, con potenzialmente locale variabilità.

- peso di volume  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
- coesione  $c = 0$
- angolo di attrito  $\varphi = 24 - 26^\circ$
- modulo elastico  $E = 3 - 5 \text{ MPa}$

Unità D - ghiaia con sabbia (1 /3,35 - 22,00 m da p.c.)

- |                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| - peso di volume    | $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ |
| - coesione          | $c = 0$                      |
| - angolo di attrito | $\varphi = 38^\circ$         |
| - modulo elastico   | $E = 50 \text{ MPa}$         |

### 11. Caratterizzazione sismica

In riferimento alla normativa sismica il territorio di interesse ricade nella **Zona 3** ai sensi della D.G.R. 30 dicembre 2019, n. 6-887.

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018, la stima della pericolosità sismica è definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”. Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, si rende quindi necessario valutare l’effetto della risposta sismica locale per mezzo di specifiche analisi, o in loro assenza, tramite un approccio semplificato, basato sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

A seguito della caratterizzazione dei terreni nel volume significativo, l’identificazione della categoria di sottosuolo viene svolta in base ai valori del parametro velocità equivalente  $V_{s,eq}$ , che si ricava mediante la formula

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ m/s}$$

dove  $h_i$  e  $V_{s,i}$  indicano lo spessore e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nella profondità  $H$  del substrato. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Attraverso questi parametri si individuano cinque categorie principali di sottosuolo denominate A, B, C, D, E (D.M.17/01/2018).

La categoria sismica dei materiali sede del piano di fondazione, con riferimento alla caratterizzazione geotecnica dei terreni d’interesse, all’assetto stratigrafico e ai dati di bibliografia sul territorio della città di Torino, è cautelativamente la seguente:

Categoria di suolo C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un*

*miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

Per quanto riguarda la categoria topografica, il sito è inserito in: T1 superficie pianeggiante.

## **12. Problematiche geotecniche**

Gli interventi in progetto prevedono la realizzazione di edifici di edilizia residenziale pubblica.

Le problematiche geotecniche connesse all'inserimento dell'opera sono limitate alla definizione della tipologia di fondazione del fabbricato in quanto:

- la falda libera presenta soggiacenza da p.c. di circa 20 m e pertanto non sono da temersi problematiche di interferenza con i nuovi interventi;
- i terreni non risultano suscettibili a liquefazione in funzione della granulometria ghiaiosa e dell'elevata soggiacenza della falda;
- non sono previsti scavi.

Per quanto concerne le opere di fondazione, lo stato ambientale dei terreni del sito suggerisce di non effettuare scavi, e pertanto la scelta progettuale è stata di realizzare una fondazione a platea poggiata in superficie.

La presenza in superficie di materiali di riporto, che localmente raggiungono spessori significativi (oltre 3 m) e con caratteristiche di resistenza potenzialmente molto variabili sia verticalmente che lateralmente in funzione della modalità della messa in posto, ha imposto di prevedere un intervento di trattamento colonnare del terreno con jet grouting. La soluzione è stata scelta per controllare i cedimenti differenziali, potenzialmente indotti dalla presenza dei materiali di riporto con spessori molti variabili.

Preliminarmente alla realizzazione dell'intervento con jet grouting, i terreni superficiali di riporto (con spessore variabile) hanno valori di angolo di attrito valutabili in  $\varphi = 24 - 26^\circ$ , con campo di variabilità funzione della locale litologia e della modalità di messa in posto degli stessi. Dopo l'intervento di trattamento il terreno presenta un netto incremento delle sue caratteristiche di resistenza e della sua omogeneità, con un valore dell'angolo di attrito valutabile in  $\varphi = 38^\circ$ .

È prevista la realizzazione di colonne con diametro 60 cm, disposte con maglia 1,2 m x 1,2 m, spinte a profondità di 5 m al fine di immorsarsi nella ghiaia con sabbia con ottime proprietà di resistenza e deformazione. In tale configurazione, è corretto schematizzare che il carico di

fondazione sia trasmesso alla profondità di 5 m da p.c., con un'impronta pari a quella della platea di fondazione.

L'armatura della platea potrà essere realizzata dopo 15 giorni dall'esecuzione delle colonne in jet grouting, tenuto conto che i carichi trasmessi saranno molto limitati.

È stata effettuata la determinazione del carico limite dell'insieme fondazione terreno.

La determinazione della pressione limite del terreno è stata eseguita con l'ausilio del programma di calcolo LoadCap, prodotto dalla Geostru Software sas.

I calcoli sono stati effettuati secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3) del D.M. 14/1/2008, che prevede che le verifiche siano soddisfatte quando  $E_d < R_d$ , con:

$E_d$  = azioni di progetto

$R_d$  = resistenza di progetto =  $q_{lim} / \gamma_R$  con  $\gamma_R = 2,3$  (R3)

Per il calcolo della tensione di rottura del terreno si è fatto riferimento alla formula di Brinch Hansen (estensione della teoria di Terzaghi):

$$q_{lim} = 0,5 \gamma' B N_\gamma s_\gamma i_\gamma + c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q$$

in cui

$$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi' / 2) e^{\pi \text{tg} \phi'}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 2((N_q + 1) \text{tg} \phi')$$

$s_\gamma s_c s_q$  = fattori di forma della fondazione

$i_\gamma i_c i_q$  = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico

$q'$  = tensione verticale effettiva al piano di posa

$\gamma'$  = peso di volume del terreno

$c'$  = coesione

$B$  = larghezza della fondazione

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

Le verifiche della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sono state effettuate per una fondazione a platea con pianta rettangolare con dimensioni 118 m x 12,50 m, ipotizzando il trasferimento del carico a SLU di 140 kPa a una profondità di 5 m da p.c. in funzione della realizzazione delle colonne di jet grouting.

I risultati delle verifiche, riportati nelle schede di calcolo in Appendice B, indicano che in funzione della profondità del piano di posa, delle dimensioni della fondazione e dell'assetto geotecnico, il carico limite risulta estremamente elevato (superiore a 14.000 kPa) e pertanto il carico di progetto risulta ampiamente verificato.

Sono stati quindi valutati i cedimenti. I calcoli sono stati eseguiti con riferimento alla teoria dell'elasticità (Timoshenko e Goodier (1951)). Ipotizzato il terreno isotropo e omogeneo, a partire dalla formula di Boussinesq è possibile valutare l'incremento di tensione verticale indotto dall'applicazione di un carico esterno, in quanto proporzionale al carico stesso secondo un coefficiente di proporzionalità che dipende dalle dimensioni dell'impronta e dalla profondità del punto in esame.

Quindi si valuta il cedimento:

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_S} I_S I_F$$

Dove:

$q_0$  = Intensità della pressione di contatto

$B'$  = Minima dimensione dell'area reagente

$E, \mu$  = Parametri elastici del terreno

$I_S, I_F$  = Coefficienti di influenza dipendenti da:  $L/B'$ , spessore dello strato H, coefficiente di Poisson  $\mu$ , profondità del piano di posa D.

I risultati dei calcoli evidenziano che di un carico a SLE di 105 kPa i cedimenti risultano dell'ordine di pochi millimetri, compatibili con la stabilità delle opere in progetto.

**APPENDICE A**  
**RISULTATI INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE**

	Committente	Geoengineering S.r.l.	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Strada Druento - Area "ex Veglio"	<b>S1</b>	<b>1/1</b>
	Località	Torino	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	27/11/09	Data Fine	01/12/09

Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.10	0.10			Pavimentazione in conglomerato bituminoso.									
0.50	0.40			Sottofondo ghiaioso ciottoloso.									
	2.50			Ghiaia eterometrica addensata in abbondante matrice sabbiosa. Presenza di frequenti ciottoli (diam. max 8-10 cm). Colore bruno rossastro.		131						2.20	
3.00												5-7-9 p.a.	
	4.40			Ghiaia eterometrica addensata con abbondanti ciottoli (diam. max 15-20 cm) in matrice sabbiosa, debolmente limosa; colore grigio bruno.								4.00	4.00
												12-R p.a.	4.30
												6.00	
7.40												36-R p.c.	
	3.90			Ghiaia eterometrica (diam. max clasti 4-5 cm), addensata, in abbondante matrice sabbiosa, a tratti debolmente limosa; colore grigio bruno. Presenza di sporadici livelli centimetrici limosi e di passate decimetriche sabbioso ghiaiose.		127		90				8.10	7.40
												37-R p.c.	7.80
												10.00	
11.30												R p.c.	
	2.30			Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa addensata; colore grigio bruno.		101						12.00	11.50
												R p.c.	11.90
13.60												14.00	13.10
	4.40			Ghiaia eterometrica in abbondante matrice limoso sabbiosa addensata; colore bruno rossastro.								38-R p.c.	13.50
												16.00	
												40-R p.c.	
18.00						17.60						18.00	17.70
												R p.c.	18.00

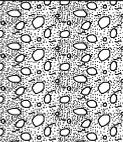
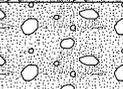
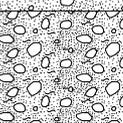
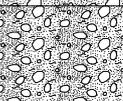
	Committente	Geoengineering S.r.l.	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Strada Druento - Area "ex Veglio"	S2	1/1
	Località	Torino	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	01/012/09	Data Fine	03/12/09

Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.20	0.20			Calcestruzzo.									
0.30	0.10			Sottofondo ghiaioso.									
0.50	0.20			Limo sabbioso fine (ex orizzonte vegetale); colore bruno chiaro.									
1.70		1		Ghiaia eterometrica con abbondanti ciottoli (diam. max 8-10 cm) in abbondante matrice sabbiosa, debolmente limosa, addensata; colore bruno rossastro pasante a bruno chiaro.		131						2.00	
2.20		2										5-16-18 p.c.	2.50 C1
1.80		3		Sabbia limosa addensata con abbondante ghiaia eterometrica; colore grigio bruno.									2.80
4.00		4											
3.60		5		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbiosa, addensata; colore grigio bruno. Presenza di sporadici ciottoli (diam. max 6-8 cm) e di livelli decimetrici a matrice prevalente.								4.40	
7.60		6										R p.c.	
8.10		7										6.40	5.80 C2
8.10	0.50	8		Ghiaia eterometrica in matrice limosa addensata; colore grigio bruno.								8.00	
12.50		9										R p.c.	
13.50		10		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbiosa, addensata; colore grigio bruno. Presenza di sporadici ciottoli (diam. max 6-8 cm) e di livelli decimetrici a matrice prevalente.		127		90				10.00	9.50 C3
12.50	1.00	11										R p.c.	
13.50		12		Sabbia eterometrica con abbondante ghiaia medio fine; colore bruno chiaro.		101						12.20	
17.50		13										R p.c.	
18.00		14		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbiosa, debolmente limosa, addensata; colore bruno rossastro. Presenza di livelli decimetrici limoso sabbiosi con ghiaia.								14.00	13.70 C4
		15										44-R p.c.	14.00
		16										16.00	
		17										R p.c.	
		18										17.00	17.30 C5
												18.00	
												46-R p.c.	

	Committente	Geoengineering S.r.l.	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Strada Druento - Area "ex Veglio"	<b>S3</b>	<b>1/2</b>
	Località	Torino	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	09/12/09	Data Fine	15/12/09

Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.30	0.30			Pavimentazione in calcestruzzo e sottofondo.									
0.40	0.40			Terreno di riporto con inclusi laterizi.									
0.70	0.30	1		Terreno limoso con inclusi ghiaiosi (terreno vegetale).								2.00	
1.00	1.10	2		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbiosa; colore bruno rossastro.		131						R	
2.10	1.10	3		Sabbia con ghiaia eterometrica; colore bruno chiaro.								4.00	
3.20		4		Ghiaia eterometrica con frequenti ciottoli (diam. max 12-15 cm) in matrice sabbiosa, debolmente limosa, addensata; colore grigio bruno.								R	
	4.40	5											4.50 C1
		6										6.00	
		7										45-R	
7.60		8		Ghiaia eterometrica con sporadici ciottoli (diam. max 8-10 cm) in abbondante matrice sabbioso limosa, addensata. Presenza di livelli decimetrici a matrice prevalente. Colore bruno chiaro.				90				8.00	
		9										42-R	
	5.00	10										10.00	9.70 C2
		11										R	10.00
		12				101						12.00	
		13										47-R	
12.60	4.60	14		Ghiaia eterometrica (diam. clasti 4-5 cm) in matrice sabbioso limosa. Presenza di frequenti livelli decimetrici a matrice prevalente. Colore bruno rossastro.								14.00	
		15										R	14.50 C3
													14.80

	Committente	Geoengineering S.r.l.	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Strada Druento - Area "ex Veglio"	<b>S3</b>	<b>2/2</b>
	Località	Torino	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	09/12/09	Data Fine	15/12/09

Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
	4.60	16		Ghiaia eterometrica (diam. clasti 4-5 cm) in matrice sabbioso limosa. Presenza di frequenti livelli decimetrici a matrice prevalente. Colore bruno rossastro.								16.00 29-31-R	
17.20	1.50	17		Sabbia eterometrica con abbondante frazione ghiaiosa eterometrica; colore bruno rossastro.	17.45							18.00 14-22-41	18.20 C4 18.50
18.70	1.80	18		Ghiaia eterometrica con sporadici ciottoli (diam. max 8-10 cm) in abbondante matrice sabbioso limosa; colore bruno giallastro.		101		90					
20.50	1.70	19		Ghiaia eterometrica (diam. clasti 4-5 cm) in matrice sabbioso limosa. Presenza di frequenti livelli decimetrici a matrice prevalente. Colore bruno rossastro.									
22.20 22.30	0.10	20		Sabbia eterometrica; colore bruno chiaro.									
23.80	1.50	21		Limo e limo sabbioso, consistente; colore giallo bruno.									
25.00	1.20	22		Limo e limo argilloso, consistente; colore grigio verdastro.								24.40 C5 24.60	

Verticale completata con la posa in opera di piezometro diam. 3":  
cieco da m. 0.00 - 16.00;  
fessurato da m.16.00 - 25.00.

	Committente	Geoengineering S.r.l.	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Strada Druento - Area "ex Veglio"	<b>S4</b>	<b>1/1</b>
	Località	Torino	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	04/12/09	Data Fine	07/12/09

Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.20	0.20			Calcestruzzo.									
0.30	0.10			Sottofondo ghiaioso.									
0.90	0.60			Terreno di riporto ghiaioso sabbioso con laterizi e rottami metallici.									
1.50		1		Limo sabbioso fine (ex orizzonte vegetale); colore bruno ocreo.								2.00	
	2.40			Ghiaia eterometrica con frequenti ciottoli (diam. max 10-12 cm) in abbondante matrice sabbiosa, debolmente limosa, addensata; colore bruno rossastro.		131						7-11-8 p.c.	
		2											
		3											
		4										4.00	3.50 C1
3.90				Ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbiosa, addensata; colore grigio bruno.								12-20-38 p.c.	3.80
		5											
	3.20												
		6											
		7										6.20	
		8										R p.c.	6.70 C2
7.10				Ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbiosa, a tratti debolmente limosa; colore grigio bruno. Presenza di sporadici ciottoli (diam. max 8-10 cm) e di livelli decimetrici a matrice prevalente.									
		9											
		10										8.00	
	5.60					127		90				47-R p.c.	
		11											
		12											
		13										10.00	9.20 C3
		14										R p.c.	9.50
		15											
		16											
		17											
	5.30												
		18											
12.70				Ghiaia eterometrica con sporadici ciottoli in abbondante matrice sabbioso limosa, addensata; colore bruno rossastro. Presenza di livelli decimetrici a matrice prevalente.		101						12.00	
												R p.c.	
												14.00	13.70 C4
												48-R p.c.	14.00
												16.00	
												29-R p.c.	
18.00						17.50						18.00	17.40 C5
												18-28-32 p.c.	17.70

**APPENDICE B**  
**VERIFICHE CAPACITA' PORTANTE**

DATI GENERALI

Larghezza fondazione	12.5 m
Lunghezza fondazione	118.0 m
Profondità piano di posa	5.0 m
Profondità falda	20.0

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso unità di volume saturo [kN/m <sup>3</sup> ]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Coesione non drenata [kN/m <sup>2</sup> ]	Modulo Elastico [kN/m <sup>2</sup> ]
3.35	18.0	19.0	26.0	0.0	0.0	3000.0
20.0	20.0	21.0	38.0	0.0	0.0	50000.0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m <sup>2</sup> ]	Tipo
1	A1+M1+R3	140.00	Progetto
2	S.L.E.	105.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale
1	1	1	1	1	1	2.3
2	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult]	14377.09 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto[Rd]	6250.91 kN/m <sup>2</sup>
Tensione [Ed]	140.0 kN/m <sup>2</sup>
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	102.69
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

**A1+M1+R3**

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

**PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO**

Peso unità di volume	20.0 kN/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	21.0 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	38.0 °
Coesione	0.0 kN/m <sup>2</sup>

Fattore [Nq]	48.93
Fattore [Nc]	61.35
Fattore [Ng]	74.9
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.09
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.07
Fattore profondità [Dq]	1.09
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.97
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	14377.09 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	6250.91 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

**CEDIMENTI ELASTICI**

Pressione normale di progetto	105.0 kN/m <sup>2</sup>
Spessore strato	20.0 m
Profondità substrato roccioso	20.0 m
Modulo Elastico	50000.0 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson	0.25

Coefficiente di influenza I1	0.39
Coefficiente di influenza I2	0.15
Coefficiente di influenza Is	0.49

Cedimento al centro della fondazione      2.98 mm

=====

Coefficiente di influenza I1                      0.2

Coefficiente di influenza I2                      0.14

Coefficiente di influenza Is                      0.3

Cedimento al bordo                                0.91 mm