

COMUNE DI TORINO



TRANVIE DI TORINO - LINEA 4

**MODIFICA DEL CAPOLINEA DI FALCHERA CON LA REALIZZAZIONE
DI UN ANELLO DI RITORNO**

**PROGETTO DI FATTIBILITA'
TECNICO ECONOMICA**



IL PROGETTISTA

STAZIONE
APPALTANTE

Ing. F. Calamusa
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Torino
n. B131

R.U.P. GTT
Geom. A. Bazzan

**INDAGINI E STUDI PRELIMINARI
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA**

ELABORATO

REV.

int.

est.

SCALA

DATA

TT04FAC0FGEOGENR010

0

0

07/06/2024

AGGIORNAMENTI

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.	VISTO
00	EMISSIONE	06/2024	SSt	Faz/FRI	FCa	ABa


GRUPPO DI PROGETTAZIONE

CSP

Infr. tranviaria e computi: Geom. P. Massaglia
Impianti di trazione: P.I. I. Giammo'
Rilievi: Geom. P. Massaglia; Geom. G. Macrì


Geologia e archeologia: Dott. S. Strippoli
Ambiente: Dott.ssa P. Merafina
Sicurezza e cantieri: Ing. F. Cocito; Arch. L. Rizzo
Strutture: Ing. E. Cadamauro; Ing. P. DeMartini
Sis. Superficiali: Arch. D. Lamberti

Ing. F. Cocito


	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 1 di 62
		REV. 00

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Premessa	3
1.2	Descrizione del progetto.....	3
1.3	Livello di progettazione	4
2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.....	5
3	DOCUMENTAZIONE PROGETTUALE DI RIFERIMENTO	7
4	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	8
5	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	10
5.1	Indagini pregresse	10
5.2	Indagini PFTE.....	12
5.2.1	<i>Sondaggi</i>	<i>12</i>
5.2.2	<i>Campioni geotecnici e ambientali</i>	<i>13</i>
5.2.3	<i>Risultati delle analisi di laboratorio</i>	<i>14</i>
5.2.4	<i>Sopralluoghi.....</i>	<i>14</i>
6	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	16
6.1	Inquadramento geomorfologico.....	16
6.2	Inquadramento geologico.....	16
6.3	Assetto litostratigrafico profondo	19
6.4	Inquadramento idrografico e idrogeologico	21
6.5	Assetto idrogeologico locale	25
6.6	Censimento delle opere di captazione delle acque sotterranee.....	26
6.7	Elementi di pericolosità geomorfologica e idrogeologica	28
6.8	Modello Geologico di Riferimento del PFTE	36
6.8.1	<i>Unità Geologiche di progetto.....</i>	<i>36</i>
6.8.2	<i>Litostratigrafia di dettaglio del sito.....</i>	<i>37</i>
6.8.3	<i>Idrogeologia di dettaglio del sito</i>	<i>38</i>
7	RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	39

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 2 di 62
		REV. 00

7.1	Indagini geotecniche.....	39
7.1.1	<i>Prove penetrometriche SPT.....</i>	39
7.1.2	<i>Prove geotecniche di laboratorio</i>	41
7.2	Caratterizzazione geotecnica preliminare.....	42
7.2.1	<i>Unità Geotecniche di progetto.....</i>	42
7.2.2	<i>Parametri geotecnici.....</i>	44
7.3	Caratterizzazione sismica.....	47
7.3.1	<i>Zonazione sismica</i>	47
7.3.2	<i>Periodo di riferimento dell'azione sismica</i>	47
7.3.3	<i>Categoria sismica del sottosuolo ($V_{s,eq}$).....</i>	48
7.3.4	<i>Categoria topografica</i>	49
7.3.5	<i>Stati limite di riferimento</i>	49
7.3.6	<i>Stima della pericolosità sismica di base.....</i>	50
7.3.7	<i>Accelerazione massima al sito e coefficienti sismici.....</i>	51
7.3.8	<i>Liquefazione</i>	56
8	PRESCRIZIONI PER LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA	57
9	CONCLUSIONI.....	58
	ALLEGATO N. 1 – RISULTATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE	59
	ALLEGATO N. 2 – SCHEDE STRATIGRAFICHE DEI SONDAGGI ESEGUITI NEL PFTE	60
	ALLEGATO N. 3 – RAPPORTI DI PROVA DELLE ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO.....	61
	ALLEGATO N. 4 – VERBALI DI SOPRALLUOGO INFRATO	62

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 3 di 62
		REV. 00

1 INTRODUZIONE

1.1 Premessa

La presente relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica, geotecnica e sismica è predisposta a supporto del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (nel seguito "PFTE") di modifica del capolinea nord della Linea 4 (c.d. "capolinea Falchera") la cui realizzazione è compresa nell'ambito degli interventi di potenziamento, ampliamento e adeguamento della rete tranviaria della Città di Torino.

Il nuovo capolinea Falchera prevede la realizzazione ex-novo di un "anello di ritorno" alle sedi tranviarie esistenti della linea, la cui presenza permetterà il transito nella rete tranviaria cittadina di veicoli della tipologia "monodirezionale", ovvero con singola cabina di manovra, in luogo di quelli di tipologia "bidirezionale" con cui viene attualmente esercito il servizio di trasporto pubblico della linea.

Sulla base delle informazioni reperite dalla consultazione delle principali banche dati territoriali (Città di Torino, Città Metropolitana di Torino, Regione Piemonte, ARPA Piemonte) e mediante l'esecuzione di rilievi e indagini geognostiche in sito e analisi geotecniche di laboratorio, nella presente relazione sono riportati i risultati degli studi e delle valutazioni di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e sismico che caratterizzano il sito oggetto di intervento.

Si specifica che nel presente studio è stata fornita esclusivamente una caratterizzazione geotecnica e sismica preliminare del sottosuolo interessato dal progetto realizzata sulla base dei risultati delle indagini geognostiche disponibili che dovrà essere approfondita nelle successive fasi di progettazione esecutiva e costruttiva mediante la realizzazione di prove in sito.

In conclusione, la fase di studio condotta nella presente fase di progettazione ha permesso di acquisire le informazioni di natura geologica e geotecnica s.l. necessarie a soddisfare il grado di conoscenza del contesto locale adeguato alla predisposizione del presente Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica dell'opera in ottemperanza alle previsioni delle vigenti normative tecniche di settore (NTC2018 e s.m.i., D. Lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 120/17).

1.2 Descrizione del progetto

Le aree interessate dalla realizzazione dell'opera in progetto si localizzano in una zona di recente urbanizzazione della periferia nord del territorio comunale della Città di Torino, che si estende a sud dell'asse viario principale di via delle Querce, in prossimità dell'incrocio con via dei Tigli, sulla proiezione del prolungamento verso ovest del capolinea Falchera della Linea 4 tranviaria attualmente in esercizio.

La Linea 4 presenta attualmente un capolinea nord del tipo "in linea" che sarà sostituito, nell'ambito degli interventi di potenziamento ed ampliamento della rete tranviaria cittadina, con un "anello di ritorno" realizzato in corrispondenza di un'area attualmente adibita a verde pubblico prossima all'attuale capolinea Falchera. Nella **Figura 1** seguente è riportato uno stralcio planimetrico del progetto del nuovo tracciato ad anello.

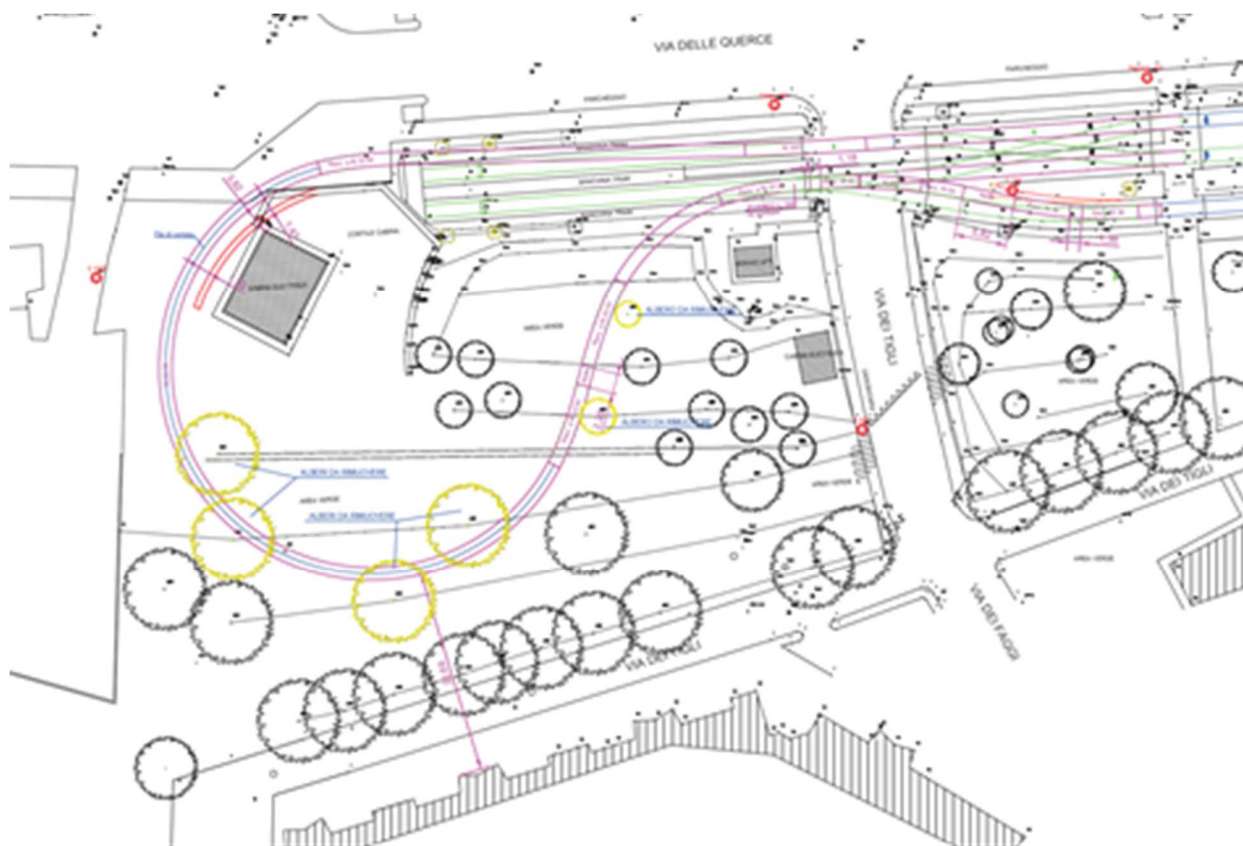



Figura 1 - Stralcio planimetrico del nuovo tracciato "ad anello" del capolinea della Linea 4 a Falchera.

Il progetto per la realizzazione del nuovo capolinea Falchera della Linea 4 comprende tutto quanto necessario per la realizzazione di un nuovo impianto tranviario, con fornitura di singolo binario con tracciato "ad anello" posato con sistema tradizionale su traversine tranviarie.

Per maggiori dettagli di natura tecnica si rimanda all'elaborato agli elaborati di progetto.

1.3 Livello di progettazione


Il presente progetto viene emesso al livello di Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica (PFTE), secondo l'art. 41 del Codice Appalti D. Lgs. 36/23 e nel rispetto dei contenuti dell'allegato I.7, per le procedure di validazione, autorizzazione e interfaccia.

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 5 di 62
		REV. 00


2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta secondo le indicazioni delle seguenti normative tecniche di settore:

- D.M. 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (nel seguito "NTC2018") e relative istruzioni applicative emanate dal Consiglio Superiore dei LL. PP. nella Circolare n. 7 del 21/01/2019 (Suppl. ord. G.U. n. 42 del 20/02/2018);
- D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (nel seguito "NTC2008") e relative istruzioni applicative emanate dal Consiglio Superiore dei LL. PP. nella Circolare n. 617 del 2/2/2009 (G.U. n. 47 del 26/2/2009);
- D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" (D. Lgs. 152/06) (G.U. n. 88 del 14 aprile 2006) e s.m.i.;
- D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo [...]" (G.U. n. 183 del 7 agosto 2017);
- R.R. Regione Piemonte del 11 dicembre 2006, n. 15/R, "Salvaguardia delle acque destinate al consumo umano" e s.m.i.;
- D.G.R. Regione Piemonte del 30 dicembre 2019, n. 6–887 "OPCM 3519/2006. Presa d'atto ed approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte" (B.U. n. 4 del 23/01/2020);
- D.G.R. Regione Piemonte del 21 maggio 2014, n. 65-7656 "Individuazione dell'ufficio tecnico regionale ai sensi del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 e ulteriori modifiche e integrazioni alle procedure attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084" (Supplemento Ordinario n. 1 al B.U. n. 25 del 19/06/2014);
- D.G.R. Regione Piemonte del 2 febbraio 2018, n. 12-6441 "Aree di ricarica degli acquiferi profondi - Disciplina regionale ai sensi dell'articolo 24, comma 6 delle Norme di piano del Piano di Tutela delle Acque approvato con D.C.R. n. 117-10731 del 13 marzo 2017" (B.U. n. 6 del 08/02/2018);
- D.M. 27 settembre 2010 "Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005" (G.U. n. 281 del 1 dicembre 2010) e s.m.i.;
- D.M. 24 giugno 2015 "Modifica al decreto 27/09/2010, relativo alla definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica" (G.U. n. 211 del 11 settembre 2015);
- D.M. 5 febbraio 1998, n. 22 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997" (Suppl. ord. n. 72 del 16 aprile 1998, G.U. n. 88);
- Nota Tecnica del Ministero dell'Ambiente (prot. 1338/TRI del 14/05/2014);

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 6 di 62
		REV. 00

- D.M. 14 maggio 1996 "Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante: "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto" (Suppl. Ordin. n. 251 del 25/10/1996, G.U. n. 178);
- L.R. Regione Piemonte del 14 ottobre 2008, n. 30 "Norme per la tutela della salute, il risanamento dell'ambiente, la bonifica e lo smaltimento dell'amianto" (B.U. n. 42 del 16/10/2008);
- D.G.R. Regione Piemonte del 14 febbraio 2020, n. 14-1010 "Attuazione del Piano Regionale Amianto 2016-2020 di cui alla DCR 124-7279/16: mappatura e verifica della presenza naturale di amianto e linee guida per studi geologici in aree con probabilità di occorrenza di amianto" (B.U. n. del 27/02/2020);
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i. "Acque di prima pioggia ... (art. 113 ex art. 39). La norma demanda alla Regione la disciplina:
- Decreto del Presidente della Giunta Regionale 20 febbraio 2006 n. 1/R. Regolamento regionale recante "Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di lavaggio di aree esterne (L.R. 29/12/2000, n. 61)";
- Decreto del Presidente della Giunta Regionale 2 agosto 2006 n. 7/R.
- AGI, raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, 1977;
- AGI, Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio, 1994;
- ASTM D1586-11, Standard Penetration Test;
- ASTM D1587 – 00, Standard Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Soils for Geotechnical Purposes;
- ASTM D6169 / D6169M – 13, Standard Guide for Selection of Soil and Rock Sampling Devices Used With Drill Rigs for Environmental Investigations;
- BS EN 1997-2:2007: Eurocode 7 - part 2, Ground investigation and testing;
- BS EN ISO 22475-1:2006: Geotechnical investigation and testing - Sampling methods and Groundwater measurements - Part 1: Technical principles for execution;
- ISO 22476-3, Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 3: Standard penetration test, 2015;
- Norma UNI EN 10802-2023;
- Norma UNI EN 12457-2004.

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 7 di 62
		REV. 00

3 DOCUMENTAZIONE PROGETTUALE DI RIFERIMENTO

Gli elaborati progettuali di riferimento per la presente relazione sono di seguito elencati:

- Carta geologica e geomorfologica, scala 1:200 (elaborato cod. TT04FAC0FGEOGENT003);
- Sezioni litostratigrafiche, scala 1:100 (elaborato cod. TT04FAC0FGEOGENT004);
- Piano di Gestione Materie (elaborato cod. TT04FAC0FAMBGENR009);

Saranno da sviluppare per il progetto esecutivo, per maggiore dettaglio progettuale:

- Relazione idrologica a idraulica;
- Tavola della sistemazione idraulica;

4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Le aree interessate dalla realizzazione dell'opera in progetto si localizzano in una zona urbanizzata della periferia nord del territorio comunale della Città di Torino che si estende a sud dell'asse viario principale di via delle Querce, in prossimità dell'incrocio con via dei Tigli, sulla proiezione del prolungamento verso ovest del capolinea Falchera della Linea 4 tranviaria attualmente in esercizio.

Per un inquadramento geografico e cartografico del sito di intervento si riportano nelle pagine successive i seguenti estratti:

- Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti della Regione Piemonte (BDTRE scala 1:10.000 – Allestimento 2023, **Figura 2**);
- Foto aerea Google Earth © risalente al 28 marzo 2023 (**Figura 3**).

Nel presente studio è stata assunta come quota di riferimento del sito e dell'area su cui insisteranno le opere in progetto la quota assoluta del piano strada asfaltato di via delle Querce desunta dall'esame della Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti - BDTRE alla scala 1:10.000 e assunta pari a circa 225,0 m s.l.m.

Nella seguente **Tabella 1** sono sintetizzati i dati relativi all'ubicazione geografica del sito di intervento, rappresentati dalle coordinate baricentriche dell'area interessata dal progetto, espresse secondo datum WGS84 Zona 32 N nel sistema di proiezione UTM (EPSGS 32632), e dalla relativa quota assoluta di riferimento estrapolata dalla BDTRE Regione Piemonte scala 1:10.000.

Tabella 1 – Dati geografici del sito di intervento.

SITO	LATITUDINE	LONGITUDINE	QUOTA ASSOLUTA
Nuovo Capolinea Falchera Linea 4	N 45.128712°	E 7.706164°	225,0 m s.l.m.
	398254.52 m	4998063.04 m	

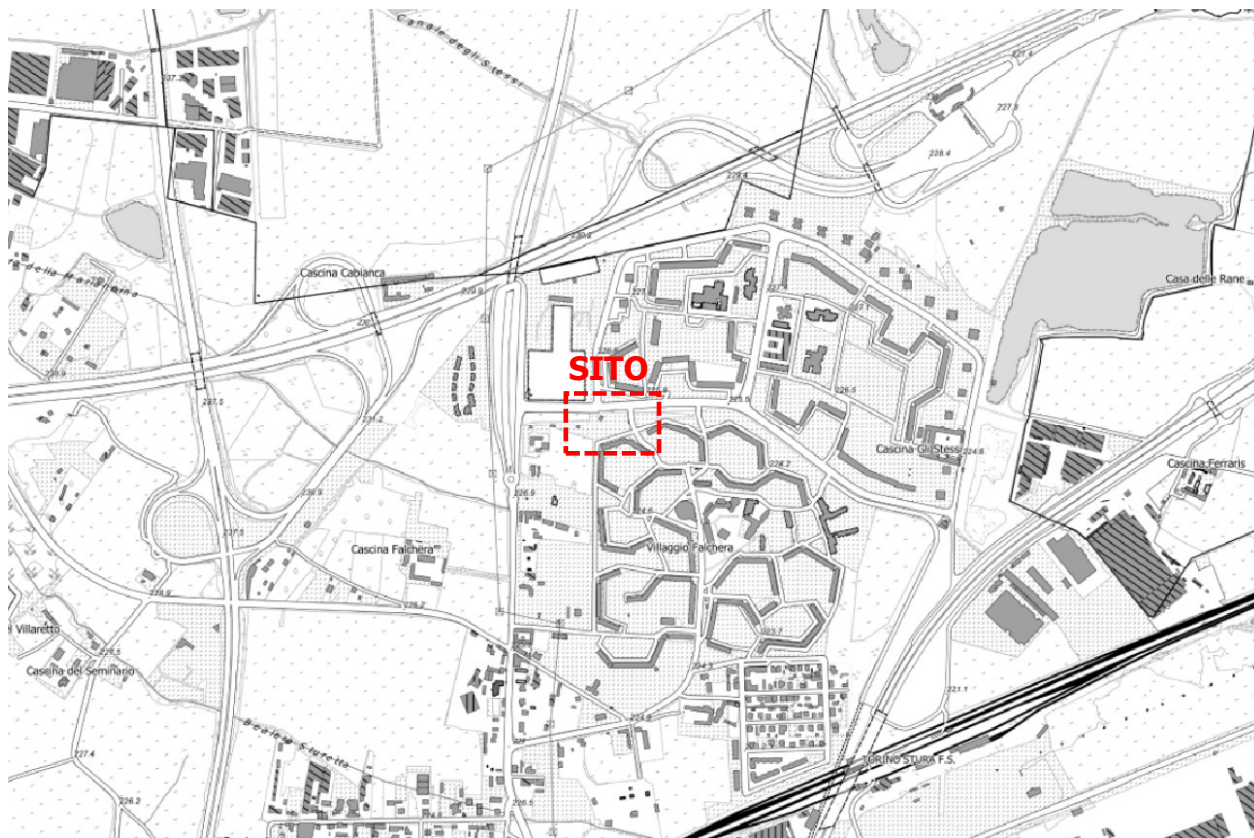


Figura 2 – Estratto della BDTRE Regione Piemonte scala 1:10.000 - Allestimento 2023 (non in scala) con riportata l'ubicazione indicativa del sito.

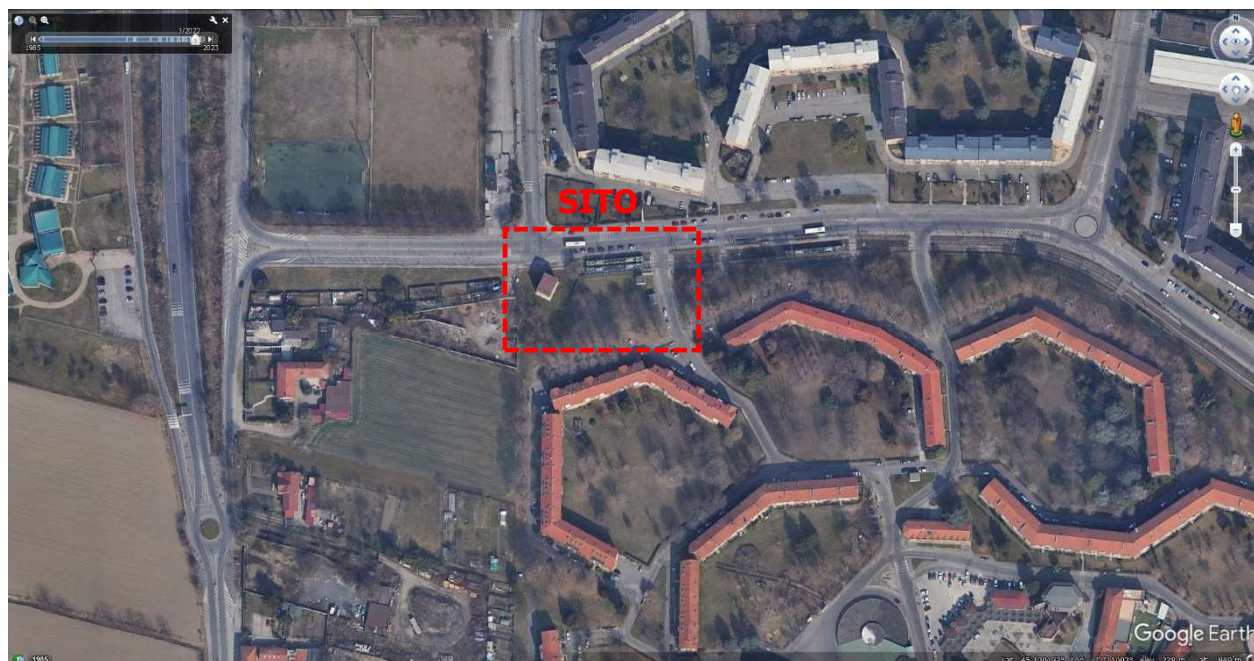



Figura 3 – Foto aerea Google Earth © risalente al 28 marzo 2023 con indicata l'ubicazione indicativa del sito.

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 10 di 62
		REV. 00

5 INDAGINI GEOGNOSTICHE

5.1 Indagini pregresse

Per una prima analisi indicativa della situazione litostratigrafica caratteristica del sottosuolo dell'area in esame, si è fatto riferimento a dati geognostici pregressi reperiti consultando le seguenti fonti storiche e bibliografiche:

- ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica (<https://geoportale.arpa.piemonte.it/app/public/>, estratto modificato in **Figura 4** nella pagina seguente);
- Città Metropolitana di Torino - Catasto Prelievi e Scarichi Idrici - (consultato via web il 12 febbraio 2024, webgis.csi.it/derivb/gedeone.do, estratto in **Figura 5**);
- Relazione geologica (Elaborato 34) del Piano Esecutivo Convenzionato ai sensi ex art. 43 della L.U.R. n° 56/77 e s.m.i. relativo alla Z.U.T. Ambito 2.6 "Laghetti Falchera" (nel seguito "PEC Laghetti Falchera", area indicativa del PEC riportata nell'estratto modificato in **Figura 4** nella pagina seguente) a firma della Dott.sa Geol. Gabriella Pogliano (Studio Associato Planeta Econsulting, giugno 2017);
- Relazione geologica, geotecnica e sismica (Elaborato 2B) allegata al Progetto Esecutivo di recupero e riqualificazione ambientale dei Laghetti Falchera (Hydrodata S.p.A., ottobre 2014).

Nelle suddette fonti sono stati reperiti e consultati i risultati stratigrafici delle seguenti indagini geognostiche che hanno interessato un intorno significativo dall'area in esame ubicati entro una distanza massima di circa 1 km dalla stessa:

- ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica: stratigrafie semplificate di N. 8 sondaggi geognostici perforati a carotaggio continuo a profondità comprese tra 8-20 m da p.c. (sigle sondaggi riportate in **Tabella 2** nella pagina seguente) e stratigrafia di massima di N. 1 pozzo idrico in disuso perforato a profondità di 118 m da p.c. (sondaggio sigla 10026414);
- ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica: risultati di N. 10 prove penetrometriche SPT eseguite in N. 2 sondaggi geognostici eseguiti a carotaggio continuo (sondaggi sigla 108840 e 1979);
- Città Metropolitana di Torino - Catasto Prelievi e Scarichi Idrici: stratigrafia originale di N. 1 pozzo idrico (sigla TOP5904) perforato a profondità di 29 m da p.c.;
- PEC Laghetti Falchera: stratigrafie di N. 13 pozzetti esplorativi nel 2016 con escavatore fino alla profondità massima di indagine di 2 m da p.c. (sondaggio sigla P1-01÷PI-13); stratigrafie e dati piezometrici di N. 3 piezometri realizzati nel 2009 a 6-10 m da p.c. per il monitoraggio della falda freatica (piezometri sigla PZ1÷PZ3);

Nella seguente **Tabella 2** sono sintetizzati i principali dati delle indagini geognostiche pregresse realizzate in un intorno significativo del sito in esame; le relative schede stratigrafiche e risultati delle prove eseguite disponibili sono riportati in Allegato 1 del presente documento.

Tabella 2 – Sintesi dei dati delle indagini geognostiche pregresse disponibili per l'area in esame.

FONTE	CODICE	SIGLA	ANNO DI ESECUZIONE	TIPOLOGIA	PROFONDITÀ [m da p.c.]	SOGGIACENZA FALDA [m da p.c.]	PROVE GEOTECNICHE	UNITÀ GEOLOGICA SUBAFFIORANTE Foglio n. 156 - Torino Est CARG 1:50.000
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	101113	S5	1970	Sondaggio a carotaggio	8,0	3	-	Subsintema di Leini - RGM ₂
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	101112	S4	1970	Sondaggio a carotaggio	8,0	4	-	Subsintema di Leini - RGM ₂
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	101111	S3	1970	Sondaggio a carotaggio	8,0	3,6	-	Subsintema di Leini - RGM ₂
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	101110	S2	1970	Sondaggio a carotaggio	8,0	3,1	-	Subsintema di Leini - RGM ₂
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	101109	S1	1970	Sondaggio a carotaggio	8,0	4,5	-	Subsintema di Leini - RGM ₂
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	108840	S4	2000	Sondaggio a carotaggio	20,0	5	N. 6 SPT	Subsintema di Crescentino - CSN ₂
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	108830	S3s-new	2006	Sondaggio a carotaggio	15,0	3,5	-	Subsintema di Crescentino - CSN ₂
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	1979	S8	1974	Sondaggio a carotaggio	20,0	4,8	N. 4 SPT	Subsintema di Crescentino - CSN ₂
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	10026414	1000001102-13*-5768-A	n.d.	Pozzo	118,0	n.d.	-	Subsintema di Crescentino - CSN ₂
Città Metropolitana di Torino Catasto Derivazioni e Scarichi Idrici	TOP5904	TOP5904	1982	Pozzo con stratigrafia	29,0	6	-	Subsintema di Crescentino - CSN ₂
PEC "Laghetti Falchera"	-	PE01+PE13	2016	Pozzetto esplorativo	2,0	n.d.	-	Subsintema di Crescentino - CSN ₂
PEC "Laghetti Falchera"	-	PZ1	2009	Piezometro	10,0	2,6	-	Subsintema di Crescentino - CSN ₂
PEC "Laghetti Falchera"	-	PZ2	2009	Piezometro	6,0	3,9	-	Subsintema di Crescentino - CSN ₂
PEC "Laghetti Falchera"	-	PZ3	2009	Piezometro	6,0	2,9	-	Subsintema di Crescentino - CSN ₂

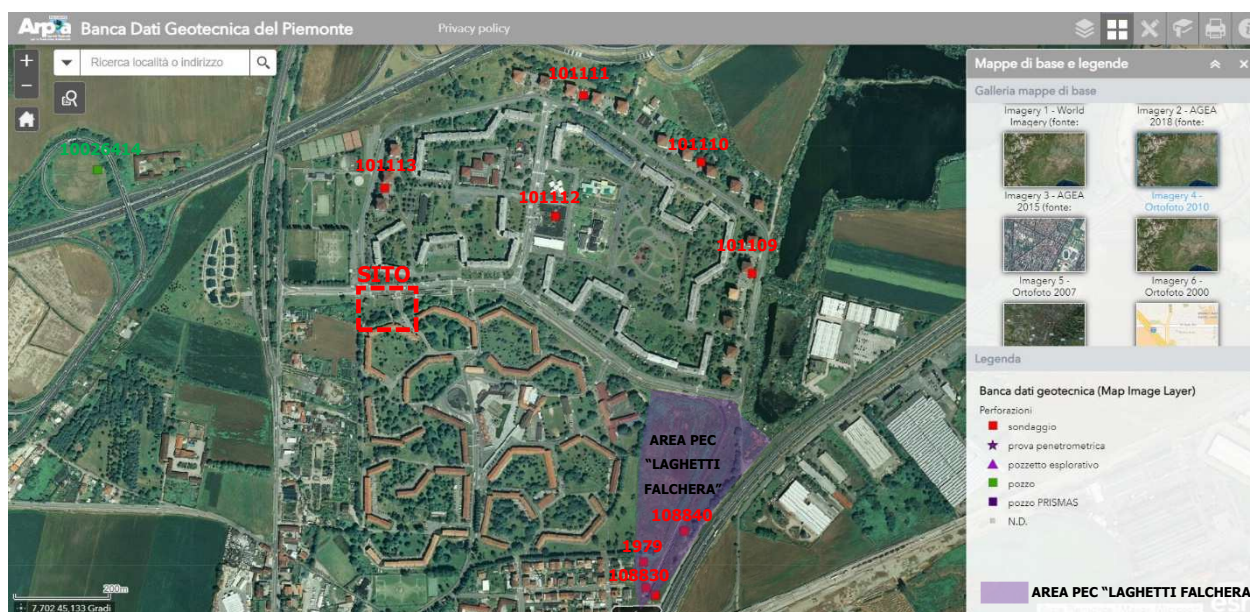


Figura 4 – Ubicazione planimetrica dei punti di indagine geognostica pregresse reperiti mediante la consultazione della Banca Dati Geotecnica - ARPA Piemonte ed estensione indicativa dell'area interessata dalle indagini geognostiche svolte nell'ambito del PEC "Laghetti Falchera" (in viola).

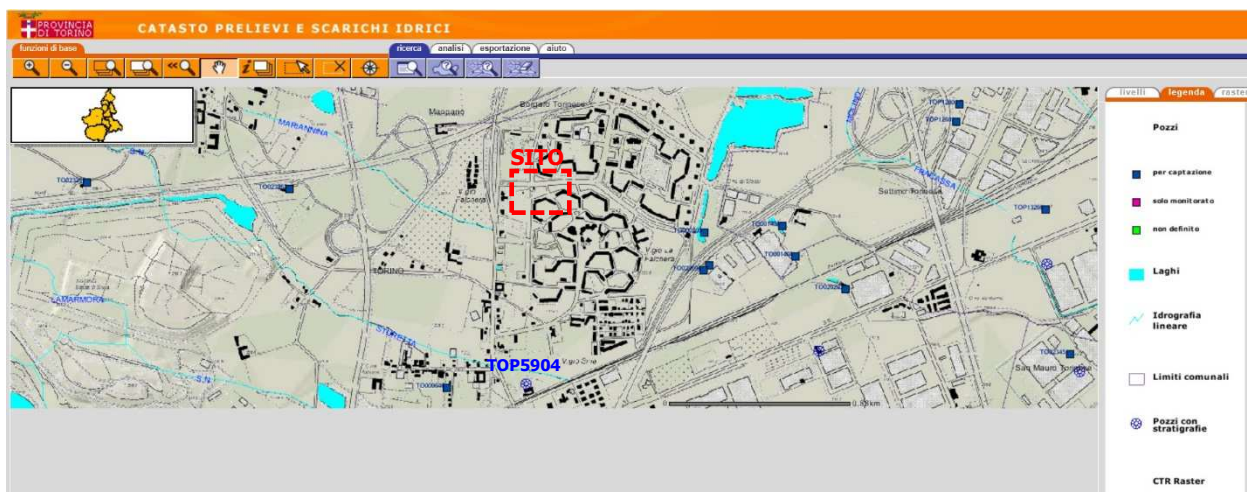


Figura 5 – Estratto dell’applicativo webgis Catasto Prelievi e Scarichi Idrici della Città Metropolitana di Torino con riportata l’ubicazione indicativa del sito in esame.

5.2 Indagini PFTE

In funzione del quadro geognostico conoscitivo risultato dall’esame dei dati pregressi disponibili per l’area in esame e al fine di acquisire un livello di conoscenza adeguato alla definizione del Modello Geologico di Riferimento dell’Opera, nello sviluppo del presente PFTE sono state eseguiti sopralluoghi, indagini geognostiche e analisi geotecniche e ambientali di laboratorio sui campioni di terreno prelevati dai sondaggi eseguiti in sito nel mese di novembre 2023. I risultati delle indagini svolte in sito hanno permesso di effettuare una valutazione preliminare delle caratteristiche geologiche, geotecniche e dello stato di qualità ambientale dei terreni presenti nel sottosuolo dell’area interessata dal progetto.

I risultati delle indagini geognostiche svolte nella presente fase di PFTE sono sintetizzati nel seguito del presente paragrafo.

5.2.1 Sondaggi

Nel mese di novembre 2023 sono stati eseguiti presso il sito in esame N. 3 sondaggi geognostici rappresentati da altrettanti pozzetti esplorativi (sigla P1÷P3) realizzati mediante escavatore con benna rovescia (miniescavatore 12 q.li) che hanno raggiunto la profondità massima di indagine di circa 1,4-2,0 m da p.c. ed una dimensione in pianta di circa 0,5x1,5 m.

Si specifica che, visto il contesto urbano entro cui sono stati realizzati i sondaggi, i punti di indagine sono stati ubicati evitando il possibile intercettamento e/o danneggiamento di sottoservizi (elettrici, metano) e/o strutture interrato presenti nel sottosuolo del sito.

L’obiettivo delle indagini è stato quello di accertare la natura e le caratteristiche dei terreni presenti nel sottosuolo del sito e permettere il prelievo di campioni geotecniche e ambientali degli stessi.

L’ubicazione dei pozzetti esplorativi P1÷P3 realizzati in sito è riportata nella seguente **Figura 6** e nella Carta geologica e geomorfologica del presente PFTE (elaborato cod. XXXX), le schede stratigrafiche con relativa documentazione fotografica delle indagini eseguite sono riportate in Allegato 2 del presente

elaborato. Il verbale di sopralluogo delle attività di indagine geognostica eseguite è riportato in Allegato 4 del presente documento.



Figura 6 - Estratto Google Earth © (non in scala) con riportata l'ubicazione planimetrica indicativa dei N. 3 pozzetti esplorativi P1÷P3 realizzati nel mese di novembre 2023 presso il sito in esame.

5.2.2 Campioni geotecnici e ambientali

Nei sondaggi realizzati in sito nel PFTE sono stati prelevati le seguenti tipologie e quantitativi di campioni geotecnici e ambientali sottoposti ad analisi di laboratorio:

- N. 2 campioni geotecnici disturbati (GEOT-DIS) sottoposti ad analisi granulometrica prelevati nel sondaggio P1 tra 0,5-1,0 m di profondità da p.c. (campione sigla P1_0,5-1 GRAN), costituito da terreno superficiale di riporto antropico, e nel sondaggio P2 tra 1,0-1,4 m di profondità da p.c. (campione sigla P2_1-1,4 GRAN), costituito da terreno naturale di origine fluviale;
- N. 6 campioni ambientali di terreno (AMB-TER) prelevati ad analizzati ai sensi del D. Lgas. 152/06 e D.P.R. 120/17 per l'accertamento dello stato di qualità ambientale e per la valutazione delle possibilità di riutilizzo in sito e/o fuori sito dei terreni da scavo. Vista la modesta profondità di scavo raggiunta dai sondaggi in ognuno di essi sono stati prelevato n. 2 campioni di cui n. 1 campione rappresentativo del terreno superficiale presente tra 0-1 m da p.c. (campioni sigla P1_0-1, P2_0-1 e

P3 0-0,8) e n. 1 campione prelevato da fondo scavo (campioni sigla P1_1-1,4, P2_1-1,4 e P3_1,2-2) rappresentativo del terreno più profondo;

- N. 3 campioni ambientali di terreno prelevati in modalità "tal quale" (AMB-RIF/RIP) sottoposti ad analisi di laboratorio per la caratterizzazione chimico-fisica e test di cessione finalizzati alla valutazione della possibile gestione in regime di rifiuti speciali dei terreni presenti in sito con EER presunto 17 05 04 – Terre e rocce da scavo (campioni sigla P1_0-1,4 RIFIUTO, P2_0-1,4 RIFIUTO e P3_0-1,2 RIFIUTO).

Nella **Tabella 3** seguente sono sintetizzati i campioni geotecnici e ambientali prelevati nei sondaggi eseguiti in fase di PFTE e sottoposti ad analisi di laboratorio.

Tabella 3 – Elenco dei campioni prelevati nei sondaggi eseguiti in fase di PFTE

PUNTO DI INDAGINE		CAMPIONI		
SIGLA	PROF. (m da p.c.)	GEOT-DIS	AMB-TER	AMB-RIF/RIP
P1	1,4	P1_0,5-1 GRAN	P1_0-1 P1_1-1,4	P1_0-1,4 RIFIUTO
P2	1,4	P2_1-1,4 GRAN	P2_0-1 P2_1-1,4	P2_0-1,4 RIFIUTO
P3	2,0	-	P3_0-0,8 P3_1,2-2	P3_0-1,2 RIFIUTO
TOTALE:		2	6	3

5.2.3 Risultati delle analisi di laboratorio

5.2.3.1 Analisi geotecniche

Le analisi granulometriche eseguite in laboratorio sui n. 2 campioni geotecnici prelevati dai sondaggi hanno restituito i seguenti risultati:

- Campione "P1_0,5-1 GRAN": limo con ghiaia sabbioso e debolmente argilloso;
- Campione "P2_1-1,4 GRAN": ghiaia sabbiosa limosa.

I Rapporti di Prova di Laboratorio delle analisi granulometrie eseguite sono riportati in Allegato 3 del presente elaborato.


5.2.3.2 Analisi ambientali

Il set analitico, le tabelle di sintesi dei risultati ottenuti e i Rapporti di Prova delle analisi ambientali di laboratorio eseguite sui campioni di terreno prelevati in sito sono riportati nel documento Piano di Gestione Materie del presente progetto e nei relativi allegati.

5.2.4 Sopralluoghi


Nello sviluppo del presente PFTE sono stati eseguiti alcuni sopralluoghi in sito finalizzati all'esecuzione di indagini geognostiche, rilievi geologici e geomorfologici di dettaglio del sito e alla valutazione degli aspetti idraulici e di drenaggio attuale e futuro delle aree interessate dal progetto.

In particolare nel mese di febbraio 2024 è stato eseguito un sopralluogo in sito finalizzato alla verifica delle attuali condizioni di infiltrazione e drenaggio delle acque meteoriche in corrispondenza delle aree di

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 15 di 62
		REV. 00

intervento e nelle zone esterne ad esse adiacenti. Il verbale del suddetto sopralluogo è riportato in Allegato 4 del presente documento.

In occasione del sopralluogo effettuato si è riscontrato un buon drenaggio delle acque meteoriche caratteristico di tutta l'area di verde pubblico ricoperta da prato erboso, lato via delle Querce, ove non sono stati riscontrati ristagni e/o accumuli meteorici. Sono invece presenti ampi ristagni di acque piovane nella zona in prossimità delle alberate dell'area verde, lato sud dell'area verde, in cui la superficie del terreno risulta priva di copertura erbosa, irregolare e localmente incisa dal transito di veicoli. Non è stata riscontrata la presenza di ristagni di particolare entità nelle zone pavimentate dell'attuale capolinea.

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 16 di 62
		REV. 00

6 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA

6.1 Inquadramento geomorfologico

A scala regionale il sito di intervento si colloca in un settore distale del conoide di origine alluvionale del torrente Stura di Lanzo, in sinistra idrografica dello stesso.

Il torrente Stura di Lanzo è da considerare come il principale agente del modellamento antico e attuale del territorio, sia dal punto di vista erosionale che deposizionale. Esso è costituito da un alveo di tipo *braided* con tendenza meandriforme; l'attuale configurazione dell'alveo si è originata a seguito della dinamica erosionale che ha caratterizzato l'evento alluvionale dell'autunno del 2000. La dinamica erosionale del torrente è evidenziata dalla presenza di superfici terrazzate discontinue delimitate da scarpate di altezza media compresa tra 2 e 3 m circa e massima di 6 m. Le superfici più recenti (Olocene medio) sono costituite da ghiaie con ciottoli e blocchi in matrice sabbiosa mentre quelle più antiche riferibili in parte all'Olocene inferiore e in parte all'Olocene inferiore – Pleistocene superiore, sono caratterizzate da depositi ghiaioso-sabbiosi.

Il reticolo idrografico locale è caratterizzato dalla presenza del torrente Stura di Lanzo e da una serie di fossi e canali irrigui di origine antropica (c.d. "bealere") con orientazione generale NO-SE, in parte intubati e/o tombinati. L'alveo attuale del torrente Stura è ubicato ad una distanza minima di circa 1,700 m a SSO dal sito di intervento e non interferisce con l'area in esame. Il reticolo di canali artificiali comprende la c.d. "Bealera degli Stessi" ed il rio Mottone/Bealera Bertolla, ubicati entrambi a nord del quartiere Falchera, il cui tracciato non interferisce con il sito oggetto di intervento


La superficie topografica dell'area risulta sub-pianeggiante con debole inclinazione in direzione SE.

6.2 Inquadramento geologico

Dal punto di vista geologico l'area in esame ricade nel Foglio n. 156 "Torino Est" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (nel seguito abbreviato con "CARG"), di cui nella **Figura 7** seguente si riporta un estratto con evidenziata l'ubicazione indicativa del sito.

Nella suddetta cartografia geologica ufficiale si individuano in sub-affioramento all'interno del settore di territorio in studio i seguenti litotipi riconducibili alle relative unità cronostratigrafiche di pertinenza sotto citate cui si è fatto riferimento nel presente studio:

- **CSN_{2b}** - depositi quaternari di origine fluviale attribuibili all'Unità Cronostratigrafica non distinta in base al bacino di pertinenza, probabilmente riconducibile al bacino dello Stura di Lanzo, individuata nel Foglio n. 156 Torino Est della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 con la sigla CSN2 - *Subsistema di Crescentino* – Sintema di Palazzolo (*Pleistocene sup.-Olocene*). Si tratta di ghiaie e ghiaie-sabbiose con locali intercalazioni sabbiose a laminazione piano-parallela e incrociata, coperti in modo generalizzato da una coltre di spessore decimetrico o metrico di sabbie e sabbie siltose a stratificazione incrociata debolmente o

	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 17 di 62
		REV. 00

poco alterate. Localmente le ghiaie contengono tronchi fluitati e lenti ricche in sostanza organica. Costituiscono ampie superfici terrazzate sospese di alcuni metri sui fondovalle attuali.

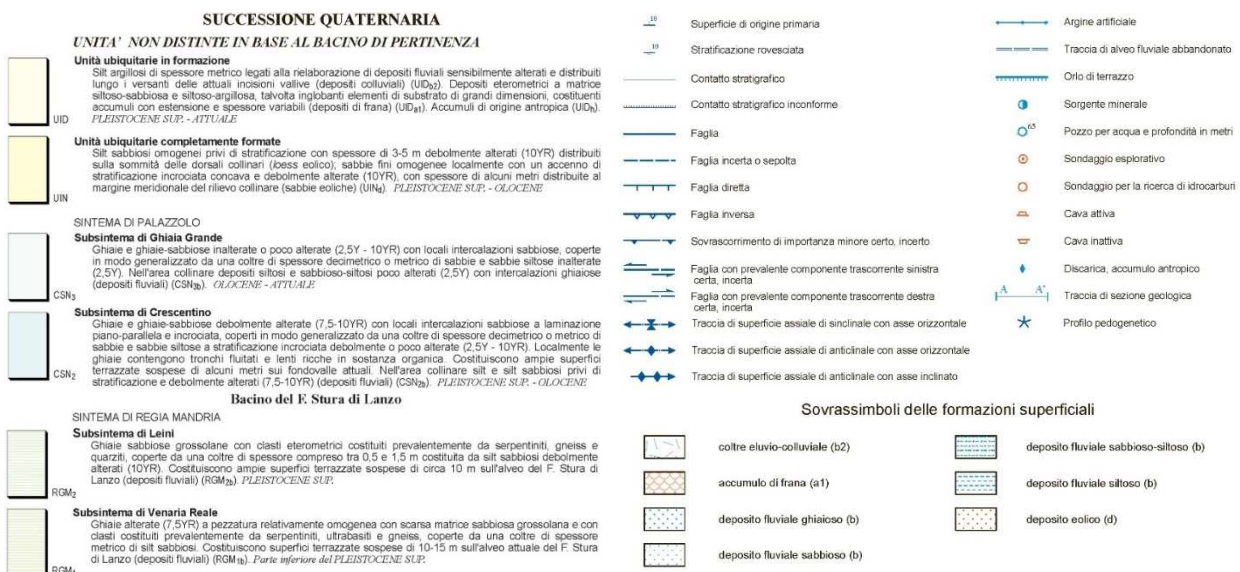
- **RGM_{1b}** - depositi quaternari di origine fluviale attribuibili all'Unità Cronostratigrafica riconducibile al Bacino dello Stura di Lanzo individuata nel Foglio n. 156 Torino Est della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 con la sigla RGM1b - *Subsistema di Venaria Reale* – Sintema di Regia Mandria (*Pleistocene sup.*). Si tratta di ghiaie alterate a pezzatura relativamente omogenea con scarsa matrice sabbiosa grossolana e con clasti costituiti prevalentemente da serpentiniti, ultrabasiti e gneiss, coperte da una coltre di spessore metrico di silt sabbiosi. Costituiscono superfici terrazzate sospese di 10-15 m sull'alveo attuale del F. Stura di Lanzo.


Nel Foglio n. 156 "Torino Est" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 è segnalata in corrispondenza del limite settentrionale del sito in esame la presenza di un orlo di terrazzo fluviale il cui ciglio superiore, orientato indicativamente in direzione ONO-ESE, ricalca il tracciato di via delle Querce. Tale forma è costituita da una scarpata morfologica di origine erosionale di altezza variabile da alcuni metri ad alcuni decimetri e delimita a sud l'area di affioramento dei depositi fluviali più antichi attribuibili all'Unità Cronostratigrafica del *Subsistema di Venaria Reale (RGM_{1b})* di pertinenza del bacino dello Stura di Lanzo, che costituiscono il corpo e il tetto della scarpata, da quella ove sono segnalati in sub-affioramento i depositi fluviali più recenti attribuiti al *Subsistema di Crescentino (CSN_{2b})*, non distinti in base al bacino di pertinenza, posta al piede della stessa.



Figura 7 - Estratto del Foglio n. 156 "Torino Est" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (non in scala) con indicata l'ubicazione indicativa del sito in esame.

Legenda



	TRANVIE TORINO – LINEA 4 Modifica capolinea Falchera con anello di ritorno RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 19 di 62
		REV. 00

6.3 *Assetto litostratigrafico profondo*

Per analizzare l'assetto litostratigrafico profondo caratteristico del sottosuolo dell'area in esame si è fatto riferimento alle ricostruzioni stratigrafiche riportate nella pubblicazione "*Le acque sotterranee della pianura di Torino*" dell'Assessorato Risorse Idriche della ex-Provincia di Torino ⁽¹⁾. Tali sezioni sono state ottenute effettuando correlazioni laterali fra le stratigrafie dei pozzi idrici esistenti nel territorio di pianura della ex-Provincia di Torino. In **Figura 8** nella pagina seguente si riporta un estratto della sezione litostratigrafica *Sezione 4-4'*, la cui traccia è orientata all'incirca est-ovest allegata allo studio sopra citato. La sezione litostratigrafica in esame attraversa il settore della pianura torinese entro cui si localizza l'area in esame e permette di metterne in luce l'assetto litostratigrafico profondo.

Nel sottosuolo dell'area in esame, al di sotto di uno strato superficiale di spessore metrico di terreni fini argilloso-limosi sono presenti sedimenti ghiaioso-sabbioso-ciottolosi di origine fluviale e/o fluvioglaciale. Tali sedimenti si presentano stratigraficamente continui fino ad almeno 50 m di profondità dal p.c. All'interno della successione ghiaioso-sabbioso-ciottolosa viene segnalata la presenza di orizzonti cementati di spessore da metrico fino a decametrico.

Alla base dei depositi ghiaioso-sabbioso-ciottolosi, a profondità maggiori di 50 m da p.c., si individuano le tipiche alternanze ghiaioso-argillose originarie di ambiente transizionale riferibili all'unità geologica comunemente nota in letteratura tecnica con il termine di "*Villafranchiano*".

⁽¹⁾ Cfr.: "*Le acque sotterranee della pianura di Torino*"; Provincia di Torino, Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra, 2002.

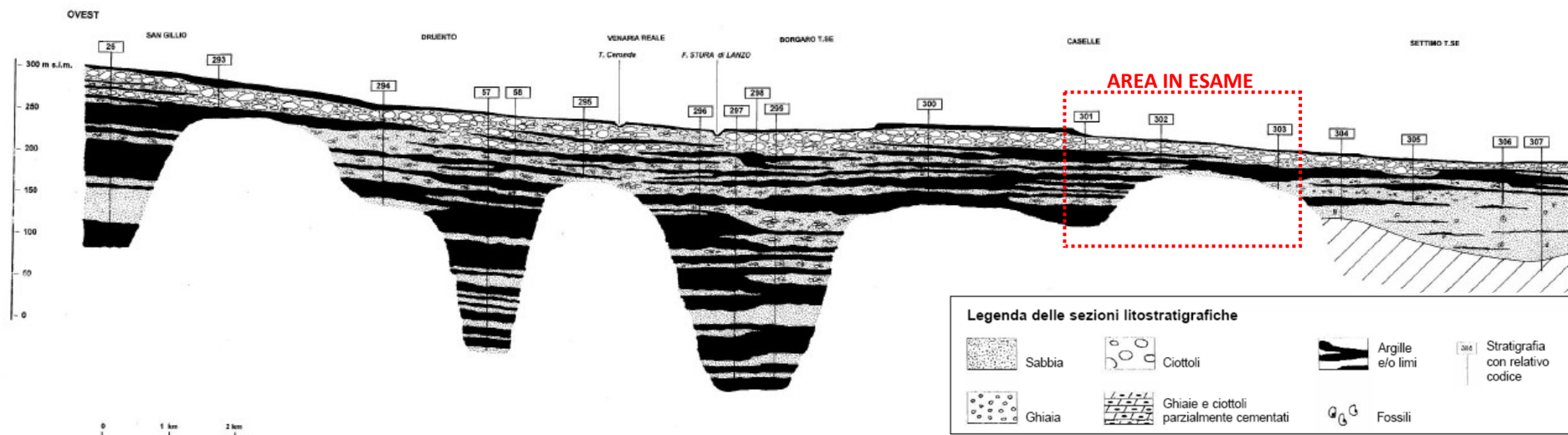



Figura 8 - Estratto della *Sezione 4-4'* allegata alla "Carta della base dell'acquifero superficiale" con relativa legenda, da "Le acque sotterranee della pianura di Torino", Provincia di Torino, Università di Torino - Dipartimento di scienze della Terra, 2002.

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 21 di 62
		REV. 00

6.4 Inquadramento idrografico e idrogeologico

Il principale elemento del reticolato idrografico locale è rappresentato dal Torrente Stura di Lanzo che scorre a sud-ovest dell'area in esame ad una quota di alcune decine di metri inferiore alla stessa. Le aree in cui saranno realizzate le opere in progetto ricadono in zone non soggette a fenomeni alluvionali connessi alla dinamica fluviale del T. Stura di Lanzo. Non risultano presenti in prossimità del sito di intervento elementi del reticolato idrografico minore naturali e/o artificiali (quali p. es. rii secondari e/o canali irrigui) la cui dinamica idrologica possa interferire direttamente e/o indirettamente con le opere in progetto.

Dal punto di vista idrogeologico, secondo quanto segnalato nella "*Carta dei Complessi Idrogeologici*" della Regione Piemonte ⁽²⁾ di cui in **Figura 9** nella pagina seguente si riporta un estratto, dal punto di vista dell'idrologia sotterranea i depositi presenti nel sottosuolo dell'area in esame possono essere ricondotti ai seguenti principali complessi idrogeologici riconosciuti a scala regionale nel seguito riportati in ordine cronologico di deposizione:


- *Complesso dei Depositi fluviali-fluvioglaciali del Riss*: costituito da depositi ghiaioso-sabbiosi con lenti sabbioso-argillose con coperture di paleosuoli di spessore in genere non superiori a 3 m. Tali depositi costituiscono un alto ed esteso sistema di terrazzi raccordanti con le cerche moreniche rissiane (ove presenti), talora sospesi di alcune decine di metri sui depositi olocenici e wurmiani. Ospitano generalmente una falda a superficie libera drenata dai corsi d'acqua principali;
- *Complesso dei Depositi alluvionali Olocenici*: depositi ghiaioso e ghiaioso sabbiosi, talora debolmente terrazzati, con lenti sabbioso-argillose fiancheggiati i principali corsi d'acqua. Non alterati o con debole strato di alterazione grigio-bruno. Ospitano una falda generalmente a superficie libera collegata alla rete idrografica.

Il *Complesso dei Depositi alluvionali Olocenici* costituisce il complesso di età più recente (dal Pleistocene fino all'attuale) e si estende con continuità su tutta l'area torinese con potenza massima verso oriente e potenza media da 40 a 20 metri al centro della pianura. È caratterizzato da alternanze di sedimenti più grossolani (ghiaie sabbiose, ghiaie sabbioso-limose e conglomerati) con orizzonti più fini (sabbie e limi debolmente argillosi) che nell'insieme riducono la permeabilità del complesso ad un grado medio.

La circolazione idrica sotterranea nei complessi idrogeologici descritti avviene generalmente per porosità, mentre l'alimentazione della falda freatica contenuta all'interno dell'acquifero superficiale avviene per infiltrazione diretta degli apporti meteorici e per perdita dai corsi d'acqua soprattutto al loro sbocco vallivo, ma anche nel loro percorso di pianura.

Nella zona in sema i sedimenti dei complessi idrogeologici sopra descritti costituiscono l'acquifero superficiale sede di una falda idrica di tipo a pelo libero in equilibrio idraulico con l'attuale reticolato idrografico superficiale (c.d. falda freatica) la cui superficie piezometrica, come riportato nella "*Carta delle isopiezometriche della falda*

⁽²⁾ ⁽³⁾ Cfr.: "*Idrogeologia della Pianura Piemontese*", Regione Piemonte – Direzione Pianificazione Risorse Idriche e Università degli Studi di Torino – Dipartimento di Scienze della Terra, 2005.

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 22 di 62
		REV. 00

idrica a superficie libera” della Regione Piemonte ⁽³⁾ di cui in **Figura 10** nelle pagine seguenti si riporta un estratto, si attesta ad una quota assoluta di circa 220 m s.l.m. corrispondente ad una profondità del livello piezometrico della falda freatica (c.d. “soggiacenza”) di circa 4-5 m da p.c.

A scala regionale, la direzione del flusso idrico sotterraneo delle acque della falda freatica risulta orientata da WNW verso ESE



Figura 9 - Estratto della "Carta della carta dei complessi idrogeologici relativa al territorio di pianura della Provincia di Torino, Regione Piemonte, Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino, 2005.

Legenda

Serie Idrogeologiche	Complessi Idrogeologici	Caratteristiche geoidrologiche
Serie dei Depositi Continentali Olocene - Pleistocene inf.	Complesso dei Depositi alluvionali olocenici	Depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi, talora debolmente terrazzati, con lenti sabbioso-argillose fiancheggianti i principali corsi d'acqua. Non alterati o con debole strato di alterazione grigio-bruno. Ospitano una falda generalmente a superficie libera collegata alla rete idrografica.
	Complesso dei Depositi fluviali-fluvioglaciali del Wurm	Depositi ghiaioso-sabbiosi con componente fine argillosa variabile, con debole alterazione ocreacea o bruna. Termini fluvioglaciali in genere più grossolani, rappresentati da ghiaie, ghiaie ciottolose e ghiaie sabbiose da minute a grossolane, localmente con lenti argillose. I depositi appartenenti a questo complesso costituiscono il livello fondamentale della pianura. Ospitano una falda generalmente a superficie libera collegata alla rete idrografica.
	Complesso dei Depositi fluviali-fluvioglaciali del Riss	Depositi ghiaioso-sabbiosi con lenti sabbioso-argillose, con paleosuoli di colore rosso-arancio, giallo-rossicci e giallo-ocraei, di spessore in genere non superiore a 3 m. Depositi argilloso-sabbioso-ghiaiosi (settori mediani della pianura torinese-cuneese). Costituiscono un alto ed esteso sistema di terrazzi, raccordanti con le cerchie moreniche rissiane (ove presenti), talora sospesi anche di alcune decine di metri sui depositi olocenici e wurmiani. Ospitano una falda generalmente a superficie libera, localmente proietta, drenata dai corsi d'acqua principali.
	Complesso dei Depositi fluviali-fluvioglaciali del Mindel AP: Paleosuoli postvillafrafranchiani dell'Altopiano di Poirino	Depositi ghiaioso-sabbiosi, molto alterati, con paleosuolo argilloso rosso-bruno (spessore in genere superiore a 3 m), con scarsi ciottoli silicatici alterati e silicei ("Terretto" tipico). Costituiscono gli alti terrazzi ondulati, i depositi fluviali mindeliani rappresentano lembi relitti di antiche conoidi. Ospitano una falda spesso ad elevata soggiacenza, di modesto spessore, in genere proietta. AP: Depositi prevalentemente limosi dell'Altopiano di Poirino, con moderata frazione argillosa e subordinata componente ghiaioso-sabbiosa, di spessore compreso tra 10 e 30 metri. L'interpretazione comunemente accettata indica questi depositi come prodotto dell'erosione mindeliana dei depositi villafrafranchiani e della successiva pedogenesi degli interglaciali; negli ultimi anni è stata proposta una genesi fluviale. Ospitano una falda freatica proietta; vi si possono rinvenire falde sospese di importanza esclusivamente locale.
	Complesso dei Depositi glaciali pleistocenici	Depositi fortemente eterogenei, mediamente grossolani (ghiaia, ciottoli e blocchi frammistati a sabbia limosa), passanti verso l'alto a paleosuoli argillificati di colorazione rosso intensa o giallo-rossastra, talora anche molto potenti. Copertura loessica di potenza molto variabile (da pochi cm ad alcuni m). I depositi più recenti (Wurm) non presentano in genere alterazione (suolo bruno). Costituiscono le cerchie moreniche degli Anfiteatri di Irea e di Rivoletto-Avigliana, e apparati di importanza minore nelle principali valli alpine. Hanno comportamento prevalentemente impermeabile, possono ospitare locali falde sospese o confinate, nei depositi più grossolani.

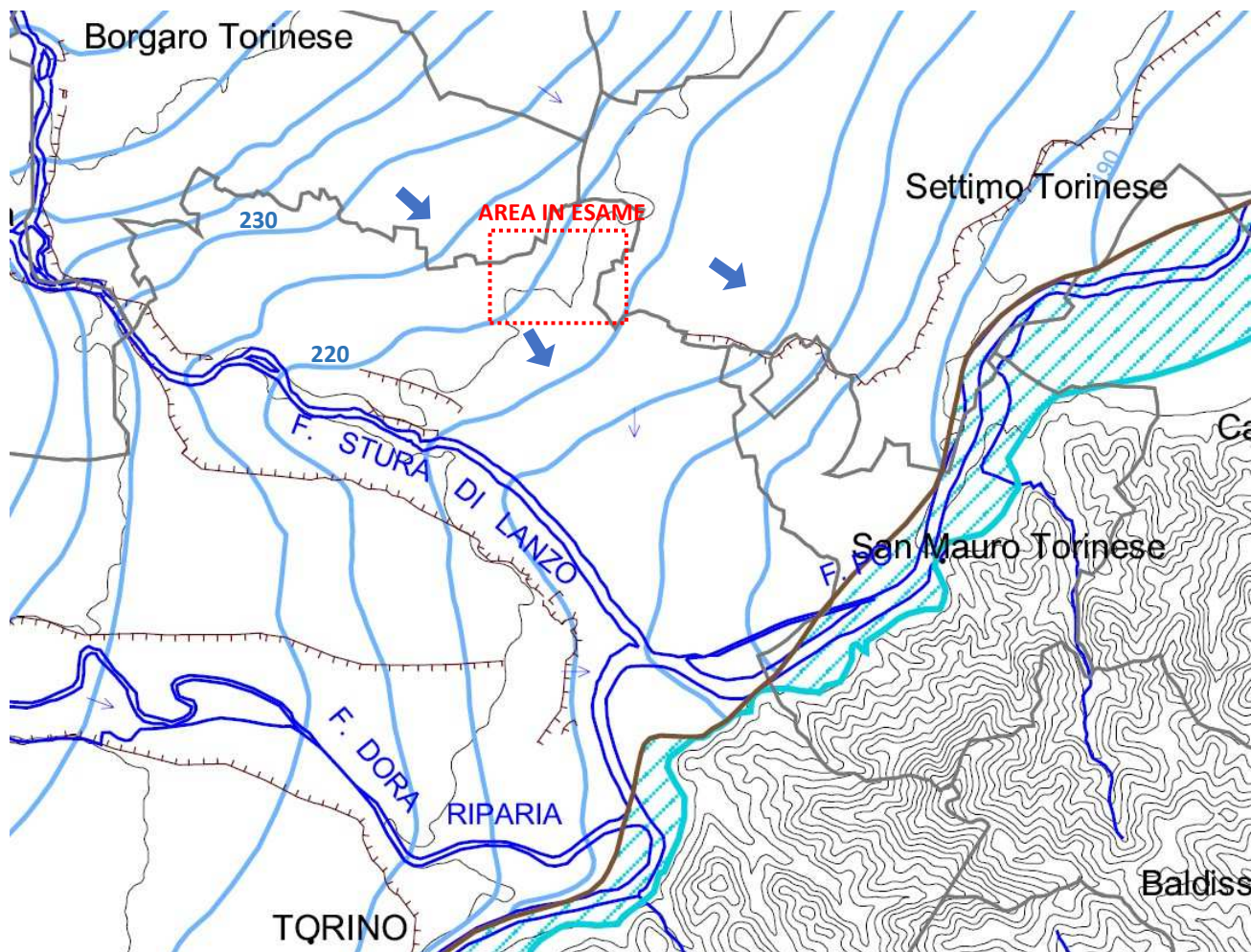



Figura 10 - Estratto modificato della "Carta delle isopiezometriche della falda idrica a superficie libera relativa al territorio di pianura della Provincia di Torino", Regione Piemonte, Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino, 2005.

Legenda

LEGENDA GENERALE	
	Limite regionale
	Limiti provinciali
	Limiti comunali
	Area di pianura
	Area di studio
	Area con dati insufficienti per l'elaborazione del tematismo
	Idrografia principale
	Laghi
	Orli di terrazzo
	Isopse (m s.l.m.) Equidistanza 25 m

	Assi drenanti
	Spartiacque sotterranei
	Linee di flusso
	Direzione di flusso prevalente
	Linee isopiezometriche e relativa quota in m s.l.m.

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 25 di 62
		REV. 00

6.5 *Assetto idrogeologico locale*

In base alla ricostruzione dell'assetto litostratigrafico profondo e alle caratteristiche dei depositi che costituiscono i diversi complessi idrogeologici individuati a scala regionale, si riconoscono nell'area in esame i seguenti circuiti di flusso delle acque sotterranee:

- *Circuito superficiale*: è rappresentato dalle acque della falda idrica più superficiale, di significato regionale, contenuta all'interno dell'acquifero superficiale. Tale falda è generalmente di tipo libero, anche se può presentare condizioni di confinamento locale, è in diretta connessione con i corsi d'acqua ed è alimentata anche dalle acque di infiltrazione provenienti dalla superficie. Nelle zone di pianura l'acquifero superficiale è rappresentato principalmente dai depositi del Complesso dei Depositi fluviali e fluvioglaciali.
- *Circuito profondo*: è rappresentato dalle acque di un sistema multifalda profondo in pressione coincidente con il *Complesso Villafranchiano delle Alternanze* e con il *Complesso dei Depositi marini pliocenici*. Tali falde profonde possono presentare condizioni di confinamento e di interconnessione variabili in funzione dei livelli impermeabili (in genere limi e argille) che le caratterizzano. Nel caso del Complesso Villafranchiano le falde profonde in pressione, ospitate nei livelli ghiaiosi o sabbioso-ghiaiosi, sono confinate dai setti semipermeabili ed impermeabili di depositi fini; è il sistema maggiormente sfruttato nell'area metropolitana torinese, dal punto di vista soprattutto dell'approvvigionamento idropotabile, ma in parte anche dalle attività industriali. La ricarica delle falde del circuito di flusso profondo avviene in corrispondenza delle zone pedemontane, in cui si individua una percentuale di depositi superficiali grossolani maggiore rispetto alle aree circostanti; quest'area talora si caratterizza come un vero e proprio materasso indifferenziato.

L'assetto idrogeologico caratteristico del sottosuolo dell'area in esame è quello tipico della zona di pianura su cui si stende il territorio comunale della Città di Torino e può essere sintetizzato secondo quanto riportato nello "*Schema della circolazione idrica sotterranea dell'area torinese*"⁽³⁾ riportato nella **Figura 11** seguente.

⁽³⁾ Cfr.: De Luca D., Ossella L., "*Assetto idrogeologico della Città di Torino e del suo hinterland*", Geologia dell'Ambiente – Suppl. al n. 1/2014.

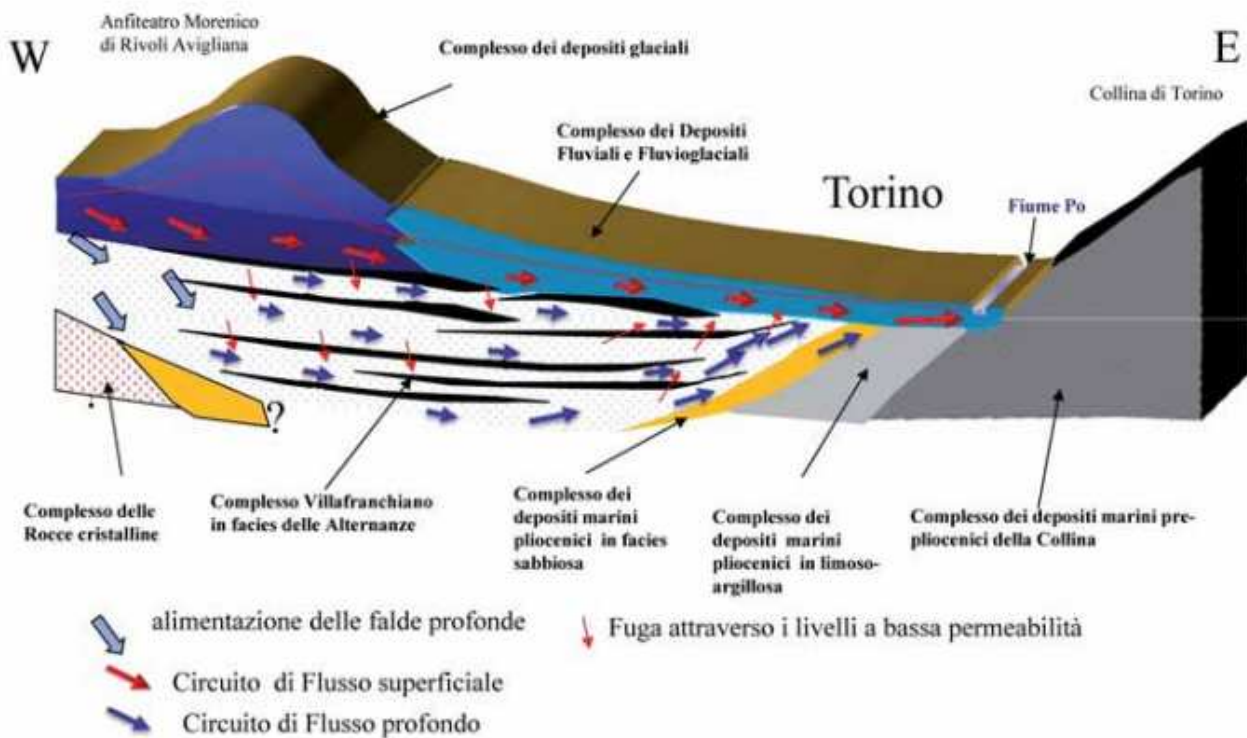


Figura 11 – “Schema della circolazione idrica sotterranea dell’area torinese” - De Luca D., Ossella L., “*Assetto idrogeologico della Città di Torino e del suo hinterland*”, Geologia dell’Ambiente – Suppl. al n. 1/2014.

6.6 Censimento delle opere di captazione delle acque sotterranee

5.7.2 Pozzi ad uso idropotabile

Non sono presenti aree di salvaguardia e/o fasce di rispetto di pozzi ad uso idropotabile come definite ai sensi del D.P.R. 236/88 e s.m.i. ubicati entro un raggio di 1 chilometro dal tracciato dell’opera in progetto.

5.7.3 Pozzi ad uso non potabile

L’ubicazione dei pozzi ad uso non potabile in regime di concessione esistenti in un intorno significativo del tracciato dell’opera in progetto è stata effettuata mediante la consultazione online del Catasto Prelievi e Scarichi Idrici della Città di Metropolitana di Torino (aggiornamento dati 3 giugno 2024). L’elenco e i principali dati dei N. 3 pozzi in regime di concessione censiti dalla Città Metropolitana individuati entro un raggio di 1 chilometro del sito in esame sono riportati nella seguente **Tabella 4**; l’ubicazione planimetrica indicativa dei pozzi citati è riportata nella seguente **Figura 12**.

Le opere di captazione in regime di concessione censite sono ubicate ad una distanza minima di circa 860 m a ESE del sito di intervento, a valle idrogeologica dello stesso, risultano non interferite dalla realizzazione dell’opera in progetto.

Tabella 4 – Elenco e principali dati dei N. 3 pozzi in regime di concessione censiti dalla Città Metropolitana di Torino individuati entro un raggio di 1 chilometro del sito in esame

FONTE	CODICE UNIVOCO CMTO	TIPOLOGIA	PROFONDITÀ [m da p.c.]	VOLUME ANNUO DERIVATO [m ³]	PORTATA MAX DERIVABILE [l/s]	DISTANZA INDICATIVA DAL SITO [m]	NOME TITOLARE
Città Metropolitana di Torino Catasto Derivazioni e Scarichi Idrici	TOP02285	Pozzo idrico (derivazione con titolo valido)	8,0	n.d.	n.d.	860	Aliperti Lucia
Città Metropolitana di Torino Catasto Derivazioni e Scarichi Idrici	TOP04620	Pozzo idrico (derivazione con titolo valido)	30,0	1.600	5	900	Aris Chiappa S.r.l.
Città Metropolitana di Torino Catasto Derivazioni e Scarichi Idrici	TOP04621	Pozzo idrico (derivazione con titolo valido)	30,0	400	15	900	Aris Chiappa S.r.l.

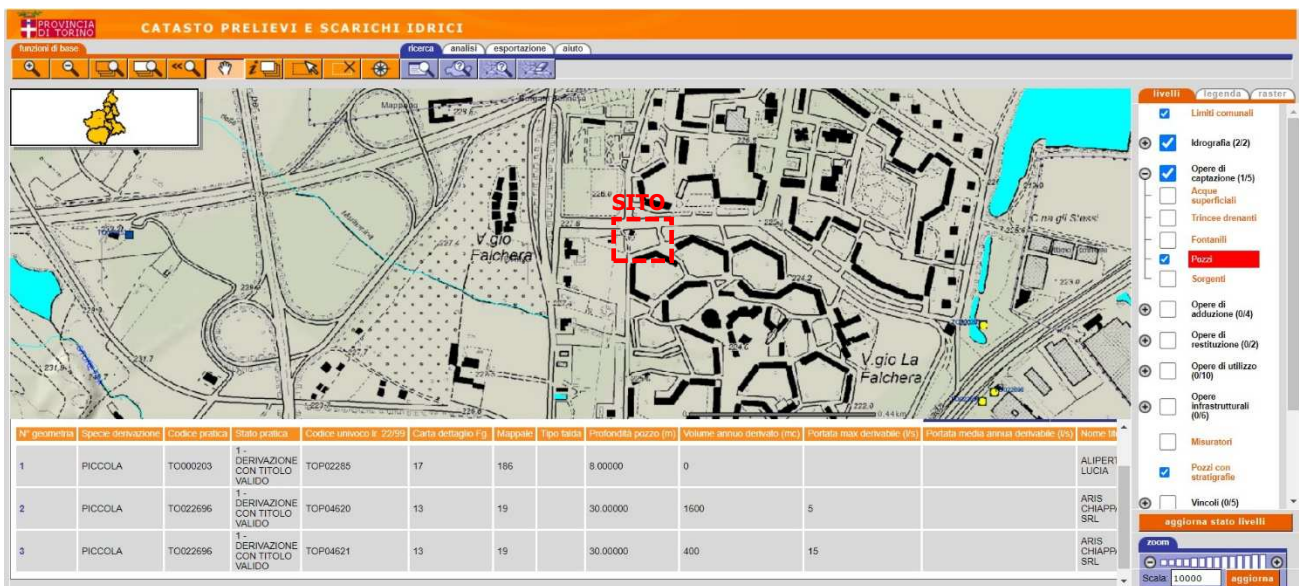



Figura 12 - Estratto del Catasto Prelievi e Scarichi Idrici della Città di Metropolitana di Torino (aggiornamento dati 3 giugno 2024).

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 28 di 62
		REV. 00

6.7 Elementi di pericolosità geomorfologica e idrogeologica

Per valutare il grado di pericolosità geomorfologica e idrogeologica che caratterizza il sito interessato dall'opera in progetto si è fatto riferimento ai seguenti strumenti di pianificazione territoriale di cui nelle figure pagine successive si riportano i relativi estratti con evidenziata l'ubicazione del sito in studio:

- Piano per l'Assetto Idrogeologico (c.d. "PAI"): Tavola di delimitazione delle fasce fluviali Foglio 155 sez. II – Scala 1:25.000 - Torino Ovest Dora Riparia 02 Sangone 02 (**Figura 13**) e delimitazione delle fasce fluviali aggiornate al novembre 2014;
- Direttiva alluvioni - Carte della pericolosità da alluvione -- Aggiornamento 2021 (**Figura 14**): mappe di pericolosità predisposte in ottemperanza alla Direttiva 2007/60/CE, cosiddetta "Direttiva alluvioni", recepita con D.lgs. 49/2010. Tale Direttiva prevede la redazione di Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (c.d. "PGR") affrontando, a scala di distretto idrografico, tutti gli aspetti legati ai fenomeni alluvionali, definendo, in particolare, il quadro della pericolosità e del rischio alluvionale. Le "Carte della pericolosità" cartografano la perimetrazione delle aree geografiche che potrebbero essere interessate da alluvioni secondo tre scenari: a) alluvioni rare (aree azzurro chiaro – T_r 500 anni); b) alluvioni poco frequenti (aree blu chiaro – T_r 100-200 anni); c) alluvioni frequenti (aree blu scuro – T_r 10-20 anni).
- Direttiva alluvioni - Carta del rischio da alluvione -- Aggiornamento 2021 (**Figura 15**): mappe del rischio che segnalano la presenza nelle aree allagabili di elementi potenzialmente esposti (popolazione, servizi, infrastrutture, attività economiche, etc.) e il corrispondente livello di rischio, distinto in 4 classi rappresentate mediante colori:
 - R1 - Rischio moderato o nullo: giallo
 - R2 - Rischio medio: arancione
 - R3 - Rischio elevato: rosso
 - R4 - Rischio molto elevato: viola.

Dall'esame della documentazione sopra descritta si evidenzia che l'area in esame risulta:

- esterna alle perimetrazioni delle fasce fluviali previste dal PAI;
- esterna ad aree che potrebbero essere interessate da alluvioni secondo gli scenari previsti dal PGR con T_r di 10-500 anni;
- esterna ad aree di rischio previste dal PGR.

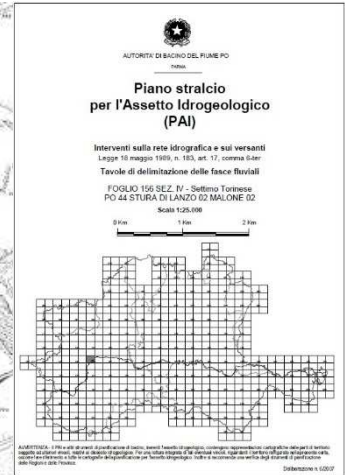
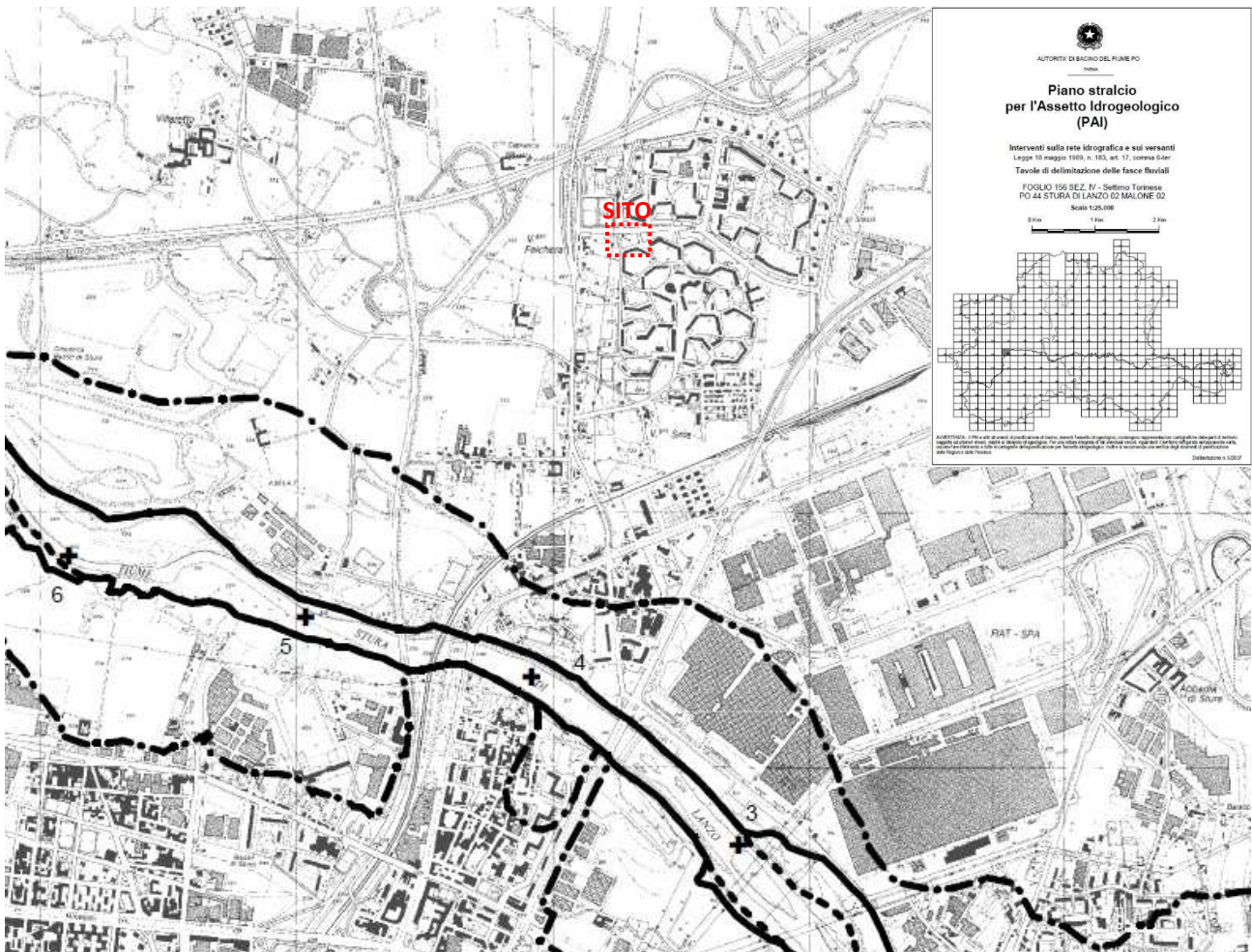
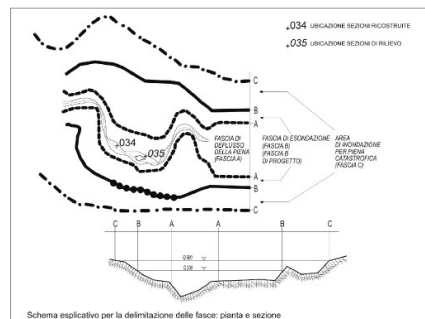


Figura 13 – Estratto Foglio 156 sez. IV – Scala 1:25.000 - Settimo Torinese Po 44 Stura di Lanzo 02 Malone 02 del PAI con indicata l'ubicazione indicativa del sito in esame (in rosso).

Legenda

----- (*)	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



Elementi conoscitivi

	area inondabile per eventi della piena di riferimento in assenza dell'intervento di realizzazione del limite del progetto (solo per i corsi d'acqua per i quali è disponibile lo specifico approfondimento)
--	---

Inquadramento

	rimando ad altra tavola e numero della tavola
--	---

(*) il limite è individuato dal bordo interno del graficismo

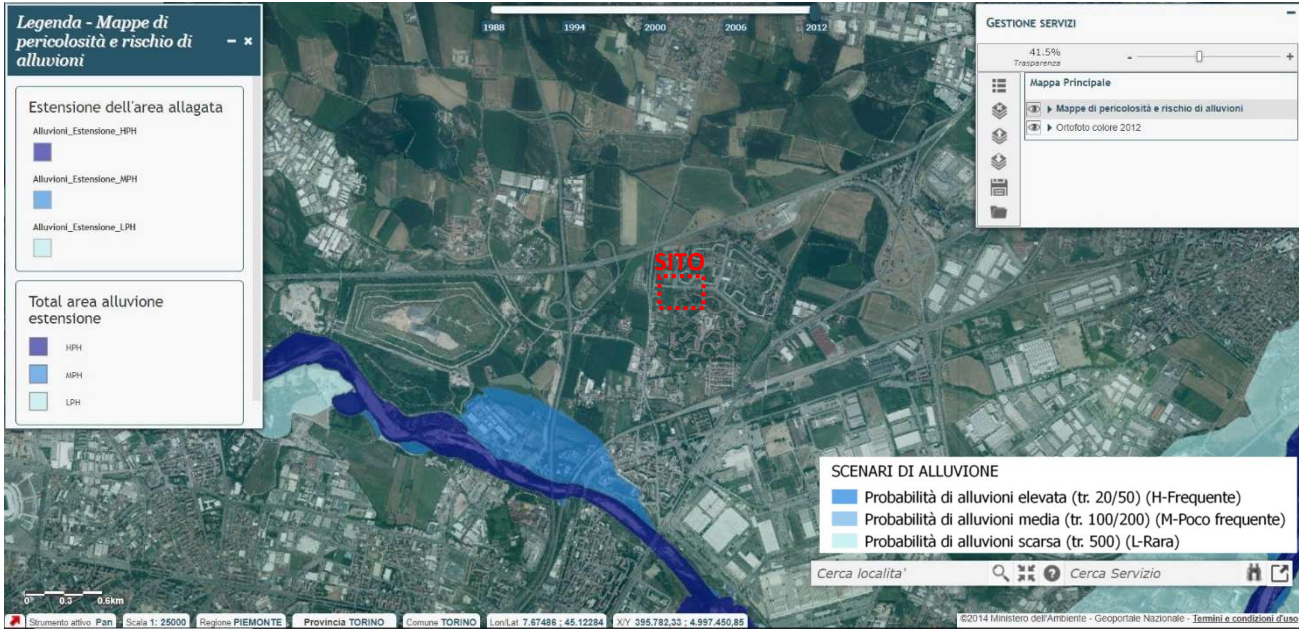


Figura 14 - Estratto della Carta della pericolosità da alluvione – Aggiornamento 2021 del PGRA con indicata l'ubicazione indicativa del sito in esame (in rosso).

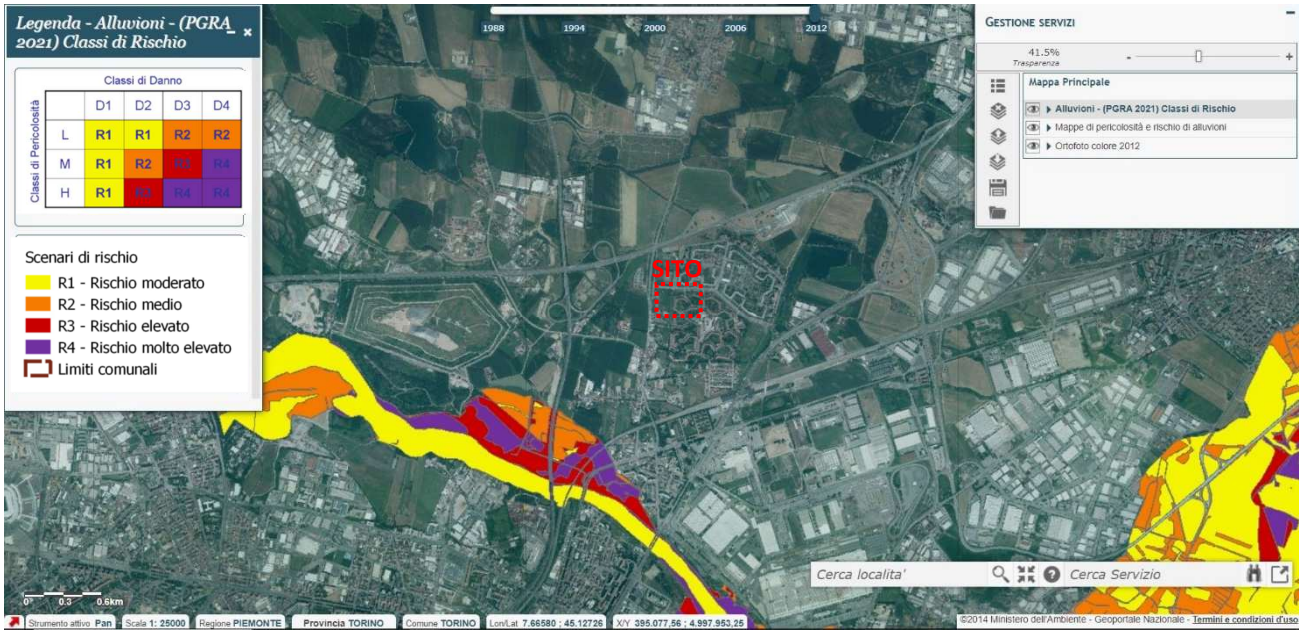



Figura 15 - Estratto della Carta del rischio da alluvione – Aggiornamento 2021 del PGRA con indicata l'ubicazione indicativa sito in esame (in rosso).

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 31 di 62
		REV. 00

Per una valutazione della pericolosità geomorfologica ed idrogeologica ad una scala di maggior dettaglio sono stati esaminati gli allegati tecnici di carattere idrogeomorfologico redatti a supporto del vigente PRGC della Città di Torino nel seguito elencati:

- *Tavola n. 3.23, Foglio n. 1 "Carta geologico-strutturale e geomorfologica dell'area di pianura"* (estratto in **Figura 16**);
- *Tavola n. 3 Foglio n. 2B "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica"* (estratto in **Figura 17**).

Dall'esame dei suddetti elaborati si evidenzia che nella porzione nord-orientale del sito in esame è segnalata la presenza di un'area interessabile da *"Processi di dissesto lineare: intensità/pericolosità molto elevata (EeL) comportante una fascia di rispetto di 10 m dal piede dell'argine artificiale o dalla sponda naturale"*. Tale pericolosità è ingenerata dalla presenza della scarpata morfologica di altezza minore di 5 m già individuata e segnalata nella cartografia geologica ufficiale precedentemente citata (Foglio n. 156 "Torino Est"). Le Norme Tecniche di Attuazione del PRGC della Città di Torino sanciscono l'inedificabilità assoluta in assenza di compatibilità idraulica nelle fasce di rispetto dei dissesti lineari *EeL* dove: *"[...] le quote esistenti devono essere mantenute; non sono ammesse opere di scavo e riporto tendenti a modificare le altimetrie locali in assenza di compatibilità idraulica che escluda interferenze con i settori limitrofi e con l'assetto del corso d'acqua"*. Inoltre le NTA del PRGC riportano: *"Ogni nuova edificazione e/o ampliamento comportante incremento del carico antropico, che ricada a tergo delle fasce di cui sopra, e compresa in una fascia di tutela di ampiezza pari a m 10.00, è subordinata a specifica verifica idraulica dalla quale risulti che non vi sono criticità tali da impedire l'edificazione. La stessa verifica idraulica dovrà evidenziare gli interventi e le cautele da adottare"*.

Sulla base dei dati bibliografici consultati e delle misure e osservazioni effettuate in sito, l'area in esame non risulta direttamente interessabile da dissesti indotti dai processi di dinamica fluviale dei corsi d'acqua naturali e artificiali presenti in un intorno significativo del sito in esame. Si ritiene quindi che la pericolosità indotta dal processo lineare *EeL* segnalato dagli strumenti urbanistici vigenti, con relativa fascia di rispetto, possa essere rappresentata esclusivamente dal verificarsi di processi di erosione della scarpata da parte di acque meteoriche. In concomitanza di eventi pluviometrici di particolare intensità potrebbe verificarsi un'instabilità della scarpata con conseguente arretramento del suo ciglio superiore verso nord. Vista la modesta altezza, inferiore a 1 m, e acclività, angolo del pendio pari a circa 45 °, della scarpata in oggetto e l'accertata natura di origine antropica si ritiene che tale problematica possa essere superata mediante un adeguato inerbimento della stessa e con la realizzazione di un adeguato sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche.

In conclusione, sulla base degli elementi individuati nella presente fase di PFTE, l'area in esame non presenta allo stato attuale gravose problematiche per quanto riguarda gli aspetti di pericolosità geomorfologica, idraulica ed idrogeologica, intesi nel senso di stabilità e dinamica evolutiva dei versanti e rischio idraulico di inondazione e/o allagamento. I fattori di pericolosità individuati negli strumenti urbanistici vigenti, rappresentati dalla presenza di una scarpata morfologica, con relativa fascia di rispetto, potenzialmente interessabile da processi

di dissesto lineari ad alta intensità saranno mitigati mediante un adeguato inerbimento della scarpata e una corretta gestione delle acque meteoriche sul sito.

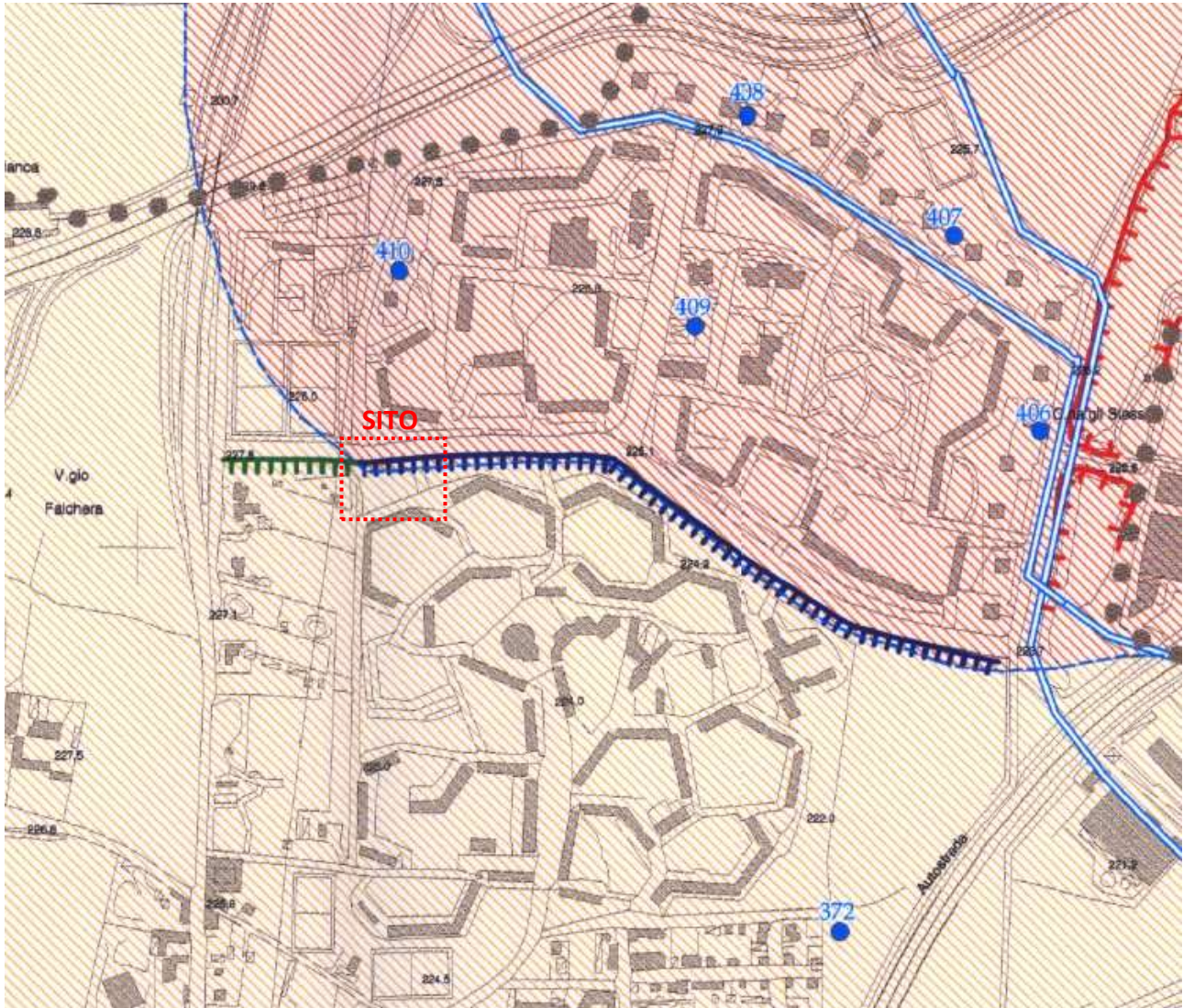







Figura 16 - Estratto della Tavola n. 3.23, Foglio n. 1 "Carta geologico-strutturale e geomorfologica dell'area di pianura" (non in scala) allegata alla Variante Studi Idrogeomorfologici del PRGC della Città di Torino con riportata l'ubicazione del sito in esame (in rosso).

Legenda

PAESAGGIO ANTROPICO

FORME ANTROPICHE

-  principali scarpate di accumulo:
con altezza < 5 metri
con altezza > 5 metri
-  principali scarpate di escavazione
-  principali rilevati di accesso a ponti e viadotti e manufatti di sovrappasso
-  principali trincee di accesso a sottopassi e gallerie di sottopasso
-  reticolato idrografico artificiale (da Hydrodata, 1999):
"bealere" consortili
"bealere" municipali

DEPOSITI ANTROPICI

-  aree con più estesi e potenti riporti artificiali


PAESAGGIO NATURALE

SUPERFICIE

FORME ANTROPICHE MODIFICATE ARTIFICIALMENTE



-  cigli di scarpate naturali di erosione, arretrate artificialmente

FORME NATURALI


-  scarpate naturali di erosione più o meno rimodellate artificialmente
con altezza < 5 metri
con altezza > 5 metri

alvei abbandonati desunti dalla cartografia storica:













-  alveo dei fiumi secondo la Gran Carta degli Stati Sardi in terraferma, scala 1:50.000, 1820-1826
-  alveo dei fiumi secondo la Gran Carta degli Stati Sardi in terraferma, scala 1:50.000, 1875 - pubbl. 1878
-  alveo dei fiumi secondo la Carta d'Italia I.G.M., scala 1:25.000, rilievo 1881 - aggiornamento 1898
-  alveo dei fiumi secondo la Carta d'Italia I.G.M., scala 1:25.000, rilievo 1881 - aggiornamento 1903
-  alveo dei fiumi secondo la Carta d'Italia I.G.M., scala 1:25.000, rilievo 1881 - aggiornamento 1923
-  alveo dei fiumi secondo la Carta d'Italia I.G.M., scala 1:25.000, rilievo 1881 - aggiornamento 1944
-  alveo dei fiumi secondo la Carta d'Italia I.G.M., scala 1:25.000, rilievo 1881 - aggiornamento 1950
-  alveo dei fiumi secondo la Carta d'Italia I.G.M., scala 1:25.000, rilievo 1881 - aggiornamento 1968





-  elementi del reticolato idrografico epigenetico (desunti dalla cartografia storica)
-  ubicazione di originarie sorgenti (da Sacco, 1912;1924)

DEPOSITI NATURALI




-  Unità non distinte in base al bacino di provenienza
Sabbie eoliche costituenti *riverine dunes* al confine con Grugliasco

Unità distinte in base al bacino di provenienza (successioni di depositi fluviali e fluvio-glaciali)

	SANGONE	DORA RIPARIA	PO	STURA
OCENE U. IN FORMAZIONE	 U. PARCO PEMONTE I	 U. PARCO COLLETTA  U. C.NA MARCHISA	 U. MEERZO	 U. BARCA
PLEIST. SUPERIORE UNITA' COMPLETAMENTE FORMATE		 U. C.NA PELLERINA  U. CITTADILLA  U. PIAZZA CASTELLO	 U. BIT	 U. V. OSNIA  U. FALCHERA  U. S. DELLE ALPI
P. MED.		 U. C.LO DEL ROSSO		

-  limiti certi
-  limiti interpolati molto incerti
-  limiti indicativi
-  10
★ principali affioramenti e loro numero identificativo

SOTTOSUOLO

-  pozzi/sondaggi (la sigla è quella che li contraddistingue nella banca-dati Allegato 3-15/6)
-  aree nel cui sottosuolo è stata accertata la presenza di conglomerati
-  pozzi/sondaggi che hanno certamente incontrato conglomerati

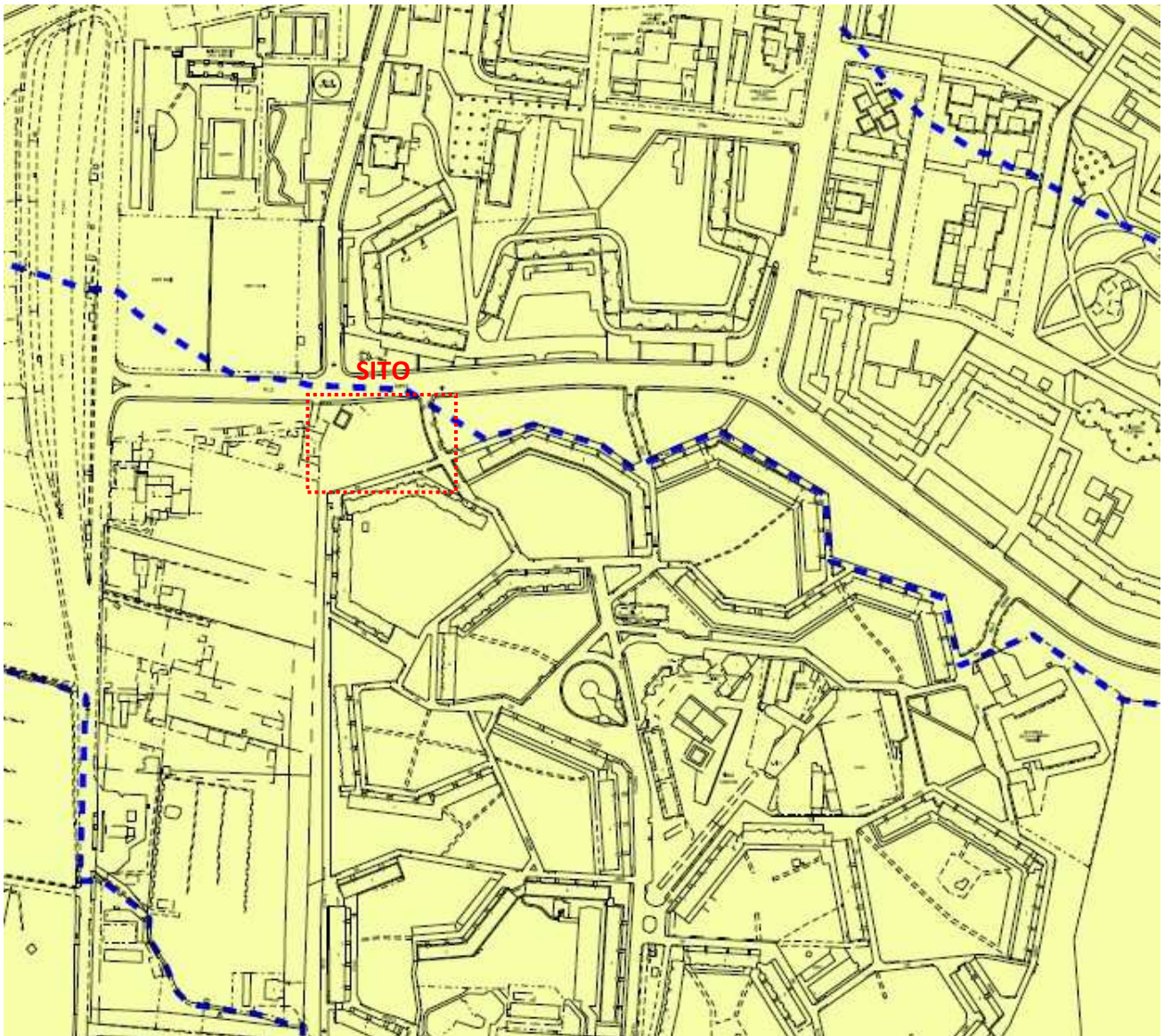




































Figura 17 - Estratto della Tavola n. 3 Foglio n. 2B "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell' idoneità all' utilizzazione urbanistica" (non in scala) allegata al vigente PRGC della Città di Torino con riportata l' ubicazione del sito in esame.


Legenda

Parte Piana Classi e sottoclassi	Parte Collinare Classi e sottoclassi
 I (P)	
 II (P)	 II1 (C)
 IIIa (P)	 II2 (C)
 IIIa1 (P)	 II3 (C)
 IIIb2 (P)	 IIIa (C)
 IIIb2a (P)	 IIIa1 (C)
 IIIb2b (P)	 IIIb1 (C)
 IIIb3 (P)	 IIIb2 (C)
 IIIb4 (P)	 IIIb3 (C)
 IIIb4a (P)	 IIIb4 (C)
 IIIc (P)	 III4 (C) - Eel

	Corsi d'acqua soggetti a fascia di rispetto di inedificabilità assoluta di m. 10 dal piede dell'argine o sponda naturale.
	Processi di dissesto lineare: intensità/pericolosità molto elevata (EeL) comportante una fascia di rispetto di m. 10 dal piede dell'argine artificiale o 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 PSIF (Agosto 1999) [già indicati con una stella rossa]
	Limite dell'area soggetta all'ondata di piena per collasso dei bacini artificiali.
	Perimetro di frana attiva
	Perimetro di frana stabilizzata

Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico PAI approvato con DPCM il 24/05/2001 e s.m.i.	
	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
	"Aree inondabili" art. 4 Deliberazione n. 9007 del 19/07/2007 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po: Variante fasce fluviali del Fiume Dora Riparia e Capitolo 2 Parte Piana, paragrafo 2.1 Allegato B delle NU EA di PRG.

	Dividente tra le classi geologiche dell'area di pianura e dell'area di collina
---	--

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 36 di 62
		REV. 00

6.8 Modello Geologico di Riferimento del PFTE

Il Modello Geologico di Riferimento dell'Opera (nel seguito "MGRO") descritto e sintetizzato nei seguenti paragrafi è stato ricostruito sulla base dei dati geognostici pregressi e sito specifici acquisiti nel presente PFTE. Nella definizione del MGRO sono state individuate le Unità Geologiche di progetto, distinguendole in funzione della natura, età di formazione e litologia dei terreni, e sono stati ricostruiti l'assetto litostratigrafico ed idrogeologico che caratterizzano il sottosuolo del sito limitatamente alla profondità ritenuta significativa per l'intervento in progetto.

Nella Carta Geologica e Geomorfológica del presente PFTE sono riportate le aeree di sub-affioramento delle Unità Geologiche di progetto ed i principali elementi geomorfologici, naturali ed antropici, riconosciuti nella zona in esame.

6.8.1 Unità Geologiche di progetto

Lo studio dei dati geognostici pregressi reperiti in bibliografia e dei risultati dalle indagini eseguite in sito nel PFTE ha permesso di riconoscere la presenza nel sottosuolo dell'area in esame delle seguenti principali Unità Geologiche di progetto riconducibili alle Unità Cronostratigrafiche individuate nel Foglio n. 156 "Torino Est" della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000:

6.8.1.1 Riporti antropici superficiali (UID)


Si tratta di accumuli di terreni a granulometria variamente assortita che nella zona in esame sono risultati costituiti da prevalente frazione granulometrica limosa, subordinatamente ghiaioso-sabbiosa, contenenti frammenti di dimensioni centimetriche di materiali di origine antropica (quali p.es. laterizi, calcestruzzo) caratterizzati da spessore di ordine metrico e, generalmente, scarso grado di addensamento, connessi alla recente urbanizzazione e antropizzazione dell'area in esame.

Tali terreni sono stati rinvenuti nei pozzetti esplorativi P1 e P3 dove non ne è stato possibile attraversare per intero lo spessore complessivo che nella zona in esame risulta quindi essere maggiore di 1,5-2 m da p.c. attuale. Costituiscono il corpo della scarpata di origine antropica che delimita a sud il piano stradale di via delle Querce su cui insiste il capolinea attuale della Linea 4 tuttavia sulla base delle ricostruzioni storiche e delle osservazioni effettuate in sito se ne ipotizza la presenza nel sottosuolo per spessori inferiori al metro anche nelle aree prospicienti la cabina elettrica e il muro di contenimento.

Sulla base di quanto risultato dalla consultazione delle fotografie aeree storiche della Città di Torino è possibile presumere che tali terreni di riporto antropico presenti nell'area siano stati messi in posto e successivamente rimaneggiati nello sviluppo dell'urbanizzazione del quartiere Falchera.

6.8.1.2 Depositi di origine fluviale del sistema di Palazzolo (CSN_{2b})

Sono rappresentati da depositi di origine fluviale del Pleistocene sup.-Olocene costituiti da ghiaie e ghiaie-sabbiose con locali intercalazioni sabbiose a laminazione piano-parallela e incrociata, coperti in modo generalizzato da una coltre di spessore decimetrico o metrico di sabbie e sabbie siltose a stratificazione incrociata debolmente o poco alterate. Localmente le ghiaie contengono tronchi fluitati e lenti ricche in sostanza

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 37 di 62
		REV. 00

organica. Costituiscono ampie superfici terrazzate sospese di alcuni metri sui fondovalle attuali e sono caratterizzati da un basso grado di alterazione.

Tali terreni sono stati rinvenuti nel sondaggio P2, realizzato internamente all'area di verde pubblico su cui insisterà il tratto ad anello della sede tranviaria del nuovo capolinea Linea 4, ove sono presenti fino alla profondità di 1,4 m da p.c. attuale. In particolare, nel sondaggio P2 si è riscontrata la presenza di uno spessore superficiale di circa 1 m di terreno a granulometria prevalentemente limoso-sabbiosa di origine eluvio colluviale e/o alteritica che si presume costituisca la copertura "naturale" dei terreni a granulometria ghiaioso-sabbiosa di origine fluviale.

6.8.1.3 Depositi di origine fluviale del sistema di Regia Mandria (RGM_{1b})

Si tratta di depositi di origine fluviale del Pleistocene sup. costituiti da ghiaie alterate a pezzatura relativamente omogenea con scarsa matrice sabbiosa grossolana e con clasti costituiti prevalentemente da serpentiniti, ultrabasiti e gneiss, coperte da una coltre di spessore metrico di silt sabbiosi. Costituiscono superfici terrazzate sospese di 10-15 m sull'alveo attuale del F. Stura di Lanzo.


Tali terreni non sono stati rinvenuti nei sondaggi eseguiti in sito, tuttavia in funzione del contesto geomorfologico e litostratigrafico locale se ne può ipotizzare la presenza alla base dei terreni di riporto antropico superficiale nel sottosuolo della zona a nord della scarpata morfologica di origine antropica che separa il piano stradale attuale della via delle Querce da quello dell'area di verde pubblico su cui insisterà l'anello di ritorno della nuovo capolinea.

6.8.2 Litostratigrafia di dettaglio del sito

L'assetto litostratigrafico di dettaglio del sottosuolo del sito in esame è stato ricostruito sulla base dei dati geognostici disponibili in n. 2 sezioni litostratigrafiche riportate nell'elaborato *Sezioni litostratigrafiche* del presente PFTE.

La stratigrafia dei terreni risultata dalla realizzazione dei pozzetti esplorativi P1 e P3, ubicati in corrispondenza della scarpata di altezza di circa 1 m che delimita a sud il rilevato stradale di via delle Querce su cui insiste l'attuale capolinea di Linea 4, evidenzia la presenza di uno spessore metrico (1,5-2 m) di terreno di riporto antropico a granulometria limoso-sabbiosa con sporadica presenza di frammenti centimetrici costituiti da materiali antropici. La stratigrafia del sondaggio P2, realizzato internamente all'area di verde pubblico in prossimità della porzione sud del nuovo tracciato ad anello, ha evidenziato la presenza al di sotto di uno strato di terreno naturale a granulometria prevalentemente limosa-sabbiosa di spessore di 1 m circa, di terreno sciolto a granulometria prevalentemente grossolana ghiaiosa-sabbiosa-ciottolosa di origine fluviale.

Sulla base dei dati geognostici disponibili si ritiene che nella zona di interesse del PFTE in oggetto, la morfologia naturale del territorio e in particolare la scarpata di origine fluviale di modesta altezza che secondo quanto riportato nella cartografia geologica ufficiale precedentemente citata delimita dal punto di vista morfologico e stratigrafico i sedimenti fluviali dell'Unità Cronostratigrafica CSN_{2b}, a sud, da quelli dell'Unità RGM_{1b}, a nord, sia stata parzialmente rimodellata, obliterata e/o sepolta dalla realizzazione di scavi e/o

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 38 di 62
		REV. 00

dall'accumulo di terreni di riporto antropico connessi alle successive fasi di urbanizzazione del quartiere Falchera.

6.8.3 Idrogeologia di dettaglio del sito

Sulla base dei dati piezometrici storici disponibili consultati dalle fonti precedentemente citate, la profondità della falda freatica in corrispondenza del sito in esame risulta di circa 4-5 m da p.c.; l'oscillazione stagionale massima attesa del livello piezometrico è pari a circa $\pm 1,5-2$ m. Le osservazioni di campo sull'umidità dei terreni estratti dai sondaggi realizzati nel mese di novembre 2023 non hanno evidenziato la presenza di acque sotterranee riconducibili alla falda freatica entro la profondità massima di indagine raggiunta dai sondaggi pari a circa 2 m da p.c. nel punto P1.

Vista la modesta profondità degli scavi di sbancamento che saranno realizzati per la posa della nuova sede tranviaria, pari a circa 1 m da p.c., è possibile affermare che l'opera in progetto non interferirà con la falda freatica che nella zona in esame si localizza a profondità tali da non essere direttamente interessata dall'opera stessa.

7 RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Per effettuare la caratterizzazione geotecnica e sismica del sito nel PFTE sono stati esaminati ed elaborati i dati delle indagini geognostiche pregresse disponibili implementandoli con i risultati della campagna di indagini geognostiche in sito e delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nei sondaggi realizzati nel presente PFTE.

7.1 Indagini geotecniche

7.1.1 Prove penetrometriche SPT

Al fine di valutare le caratteristiche geotecniche dei terreni ghiaioso-sabbiosi di origine fluviale riconducibili all'unità geologica di progetto CSN_{2b} precedentemente descritta sono stati analizzati ed elaborati i risultati delle prove penetrometriche SPT eseguite in n. 2 punti di indagine geognostica pregressi realizzati in aree di sub-affioramento dell'unità suddetta, ubicati in prossimità del sito in esame ad una distanza di circa 800 metri a sud-est dello stesso.

Tali prove sono state realizzate secondo gli standard SPT in vigore, misurando i colpi necessari per l'infissione della punta del penetrometro per 3 tratti di 15 cm l'uno, scartando il primo valore (N_1), ed ottenendo il valore N_{SPT} come somma dei valori corrispondenti ai successivi due tratti (N_2+N_3).

Poiché il valore N_{SPT} risultato dalle prove è influenzato da diversi fattori che condizionano l'efficienza nella trasmissione dell'energia dinamica sulle aste al fine di rendere standard il risultato della prova SPT occorre applicare allo stesso alcuni fattori correttivi, ampiamente utilizzati nella letteratura tecnica, variabili in funzione dell'autore che li propone e dell'ambiente di sperimentazione sito-specifico. Per ogni prova eseguita può quindi essere calcolato il parametro standard $(N_1)_{60}$ mediante la seguente uguaglianza:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_W C_B C_R C_S$$

dove:

$(N_1)_{60}$ = numero di colpi SPT standardizzato;

C_N = fattore correttivo per il carico litostatico;

C_E = fattore correttivo per il rapporto di energia;

C_W = fattore correttivo per la presenza della falda;

C_B = fattore correttivo per il diametro del foro;

C_R = fattore correttivo per la lunghezza delle aste;

C_S = fattore correttivo per metodo di campionamento.

Nel caso in esame per il calcolo del valore di $(N_1)_{60}$ si è ritenuto opportuno normalizzare i valori di N_{SPT} risultati delle prove pregresse applicando i parametri di correzione relativi al carico litostatico (C_N , Jamiolkovski, 1985), alla presenza della falda freatica (C_W , Terzaghi e Peck, 1948) e al diametro di perforazione (C_B , Skempton, 1986). Nella seguente **Tabella 5** sono riportati i valori di N_{SPT} risultati delle prove e i relativi valori di $(N_1)_{60}$ calcolati applicando i coefficienti di riduzione precedentemente indicati. Nella **Figura 18** seguente sono riportati in forma grafica i risultati delle prove SPT elaborate.

Tabella 5 – Risultati delle prove SPT eseguite in sondaggi pregressi realizzati in terreni di origine fluviale riconducibili all'Unità Geologica CSN_{2b}

SONDAGGIO ARPA 108840-S4					
PROF.	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	(N ₁) ₆₀
[m da p.c.]	N° colpi				
3.00	26	23	26	49	46
6.00	15	13	20	33	23
9.00	28	32	35	67	34
12.00	36	R	-	R	R
15.00	28	37	R	R	R
18.00	18	R	-	R	R
SONDAGGIO ARPA 1979-S8					
PROF.	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	(N ₁) ₆₀
[m da p.c.]	N° colpi				
5.20	30	24	29	53	34
10.10	36	34	32	66	32
15.00	R	-	-	R	R
19.70	29	37	32	69	25

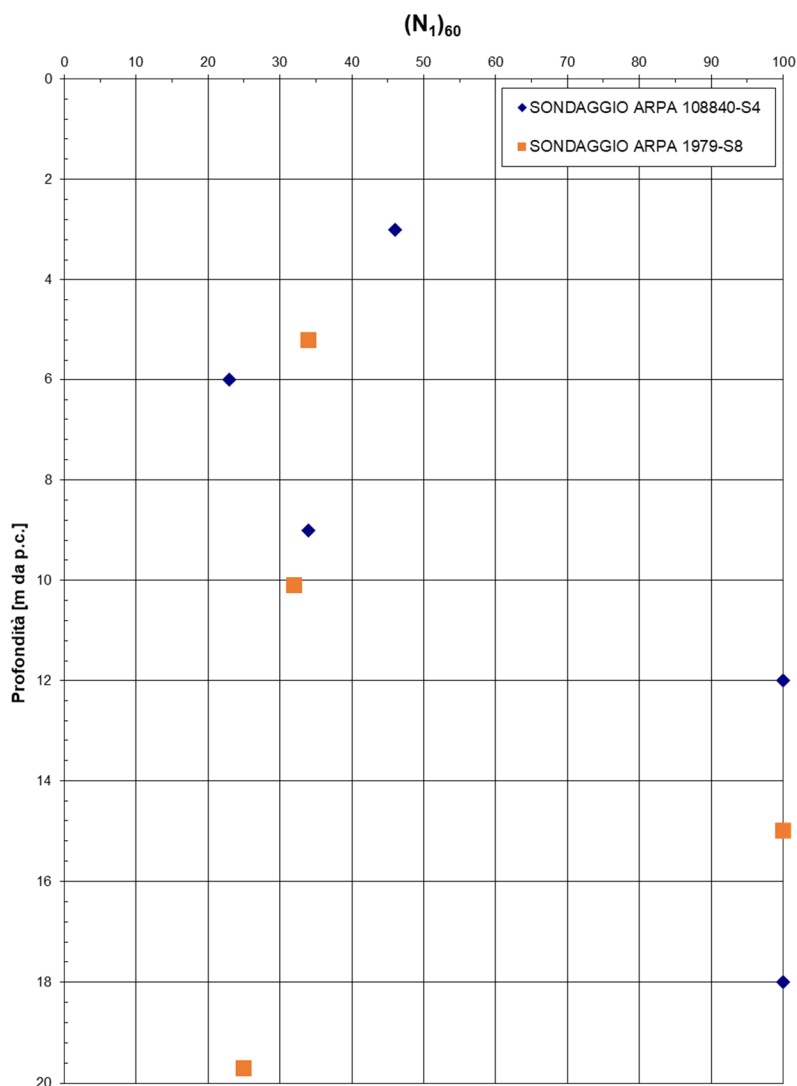


Figura 18 - Grafico valori (N₁)₆₀ risultati da prove SPT pregresse realizzate in terreni riconducibili all'Unità Geologica CSN_{2b}.

Dalla analisi dei risultati delle prove SPT pregresse disponibili è possibile osservare che delle N. 10 prove realizzate in terreni riconducibili all'Unità Geologica CSN_{2b}, N. 4 hanno dato esito "rifiuto" evidenziando i limiti di efficacia complessiva di tali prove in questa tipologia di terreni a granulometria grossolana. I valori di $(N_1)_{60}$ aumentano in modo progressivo all'aumentare della profondità di esecuzione della prova evidenziando una tendenza all'incremento del grado di addensamento dei terreni di origine fluviale riconducibili all'unità geologica di progetto CSN_{2b} con l'aumento della profondità di prova.

7.1.2 Prove geotecniche di laboratorio

Nei sondaggi realizzati in sito nel PFTE sono stati prelevati n. 2 campioni geotecnici disturbati delle tipologie di terreno che saranno interessate dalla realizzazione della nuova sede tranviaria, di cui n. 1 prelevato nel sondaggio P1 alla profondità di 0,5-1,0 m da p.c. costituito da terreno di riporto antropico riconducibile all'unità geologica di progetto UID (campione P1_0,5-1,0 GRAN) e n. 1 prelevato nel sondaggio P2 alla profondità di 1,0-1,4 m da p.c. costituito da terreno naturale di origine fluviale riconducibile all'unità geologica di progetto CSN_{2b} (campione P2_1,0-1,4 GRAN).

Tali campioni sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio per la determinazione della curva granulometrica caratteristica mediante setacciatura della frazione grossolana (vagliatura) e sedimentazione della frazione fine (aerometria) eseguite secondo la metodologia di prova UNI EN ISO 17892-4:2016. Nella seguente

Tabella 6 sono sintetizzati i risultati delle analisi granulometriche eseguite.

Tabella 6 – Risultati delle analisi granulometriche eseguite su campioni geotecnici disturbati

CAMPIONE	DESCRIZIONE GRANULOMETRICA AGI	GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA	CLASS. USCS
		[%]				
P1_0,5-1,0 GRAN	Limo con ghiaia sabbioso deb. argilloso	32,1	21,7	39,6	6,6	ML
P2_1,0-1,4 GRAN	Ghiaia sabbiosa limosa	64,8	21,6	12,8	0,8	GM

Le curve granulometriche risultate dalle analisi condotte in laboratorio sono riportate nella seguente

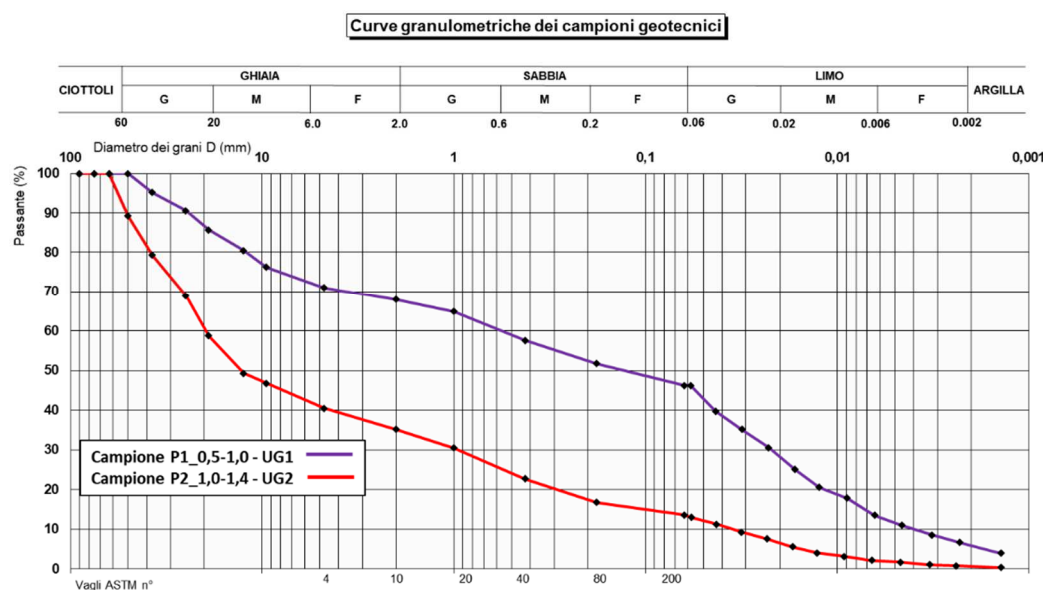


Figura 19 evidenziano le prevalenti componenti limosa (39,6 %) e ghiaiosa (32,1 %) del campione di terreno di riporto antropico sigla P1_0,5-1,0 GRAN, descritto secondo la classificazione AGI come *“limo con ghiaia sabbioso e debolmente argilloso”*, e la prevalente componente ghiaiosa (64,8 %) del campione di terreno di origine fluviale sigla P2_1,0-1,4 GRAN, descritto secondo classificazione AGI come *“ghiaia sabbiosa limosa”*. Si osserva inoltre che in entrambi i campioni è presente una significativa percentuale di sabbia (21-22%) mentre nel campione di riporto antropico sigla P1_0,5-1,0 GRAN è altresì presente una modesta componente argillosa (6,6 %).

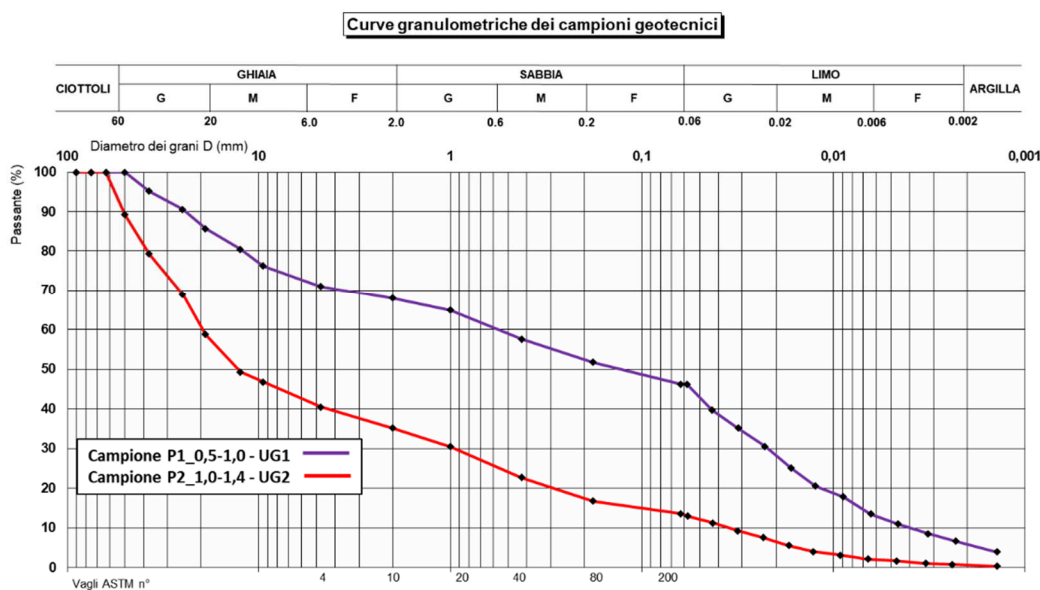


Figura 19 - Grafico comparativo delle curve granulometriche dei campioni geotecnici analizzati.

7.2 Caratterizzazione geotecnica preliminare

Nel presente paragrafo viene fornita la caratterizzazione geotecnica preliminare dei terreni presenti nel sottosuolo del sito di progetto effettuata sulla base dei risultati delle indagini geognostiche, delle prove geotecniche e di studi bibliografici reperiti dalla letteratura tecnica di settore.

7.2.1 Unità Geotecniche di progetto

Per la definizione e la caratterizzazione delle Unità Geotecniche di progetto si è fatto riferimento alle Unità Geologiche individuate nel MGRO del PFTE associando i litotipi con cui interagirà l’opera in funzione del loro comportamento geotecnico atteso. Sono state in questo modo individuate n. 2 Unità Geotecniche distinte sulla base della natura naturale o antropica del litotipo e delle dimensioni della sua componente granulometrica prevalente.

Per ciascuna Unità Geotecnica di progetto individuata è stato indicato il campo di variabilità dei principali parametri geotecnici caratteristici del terreno desunto da studi reperiti dalla letteratura tecnica di settore.

7.2.1.1 Unità Geotecnica 1 (U1)

Nell’Unità Geotecnica 1 di progetto (nel seguito “U1”) sono compresi i terreni limoso-sabbiosi di riporto antropico dell’Unità Geologica UID e lo strato di terreno naturale di copertura limoso-sabbiosa dell’Unità

Geologica CSN_{2b}. L'UG1 è caratterizzata da uno spessore massimo presunto di circa 2,5-3 nell'area al ciglio superiore della scarpata antropica e di massimo 1 m nell'area di verde pubblico che si estende al piede della stessa. L'unità in esame è costituita da terreni granulari, sciolti, di colore bruno, scarsamente addensati e a prevalente componente granulometrica limosa con significativa presenza di sabbia e ghiaia. Nella seguente **Figura 20** sono riportate alcune fotografie delle tipologie di terreni superficiali riconducibili all'U1.



Figura 20 – Terreni prevalentemente limosi e sabbiosi riconducibili all'unità geotecnica U1 rinvenuti durante l'esecuzione dei sondaggi P1 (foto a sx, terreno di riporto antropico) e P2 (foto a dx, terreno naturale di copertura dei depositi fluviali CSN_{2b}).

7.2.1.2 Unità Geotecnica 2 (U2) – Depositi fluviali CSN_{2b}-RGM_{1b}

L'Unità Geotecnica 2 di progetto (nel seguito "U2") comprende i terreni grossolani a granulometria prevalentemente ghiaiosa di origine fluviale riconducibili all'unità geologica di progetto CSN_{2b} del MGRO precedentemente descritto, rinvenuta nel sondaggio P2 sino ad una profondità massima di 1,4 m da p.c., e all'unità RGM_{1b}, non rinvenuta nei sondaggi eseguiti ma segnalata in sub-affioramento nella zona in esame nella cartografia geologica ufficiale. I terreni riconducibili all'unità U2 si rinvergono sistematicamente alla base dei terreni superficiali di origine antropica e/o di copertura superficiale dell'unità U1. Tali terreni si presentano costituiti da ghiaie sabbioso-limose con blocchi (\varnothing max 30 cm), clasti da arrotondati a sub-arrotondati, grado di alterazione variabile da basso a medio e colore marrone-grigio.



Figura 21 – Terreno di origine fluviale attribuibile all'unità geologica CSN_{2b} caratterizzato da una granulometria prevalentemente ghiaiosa con presenza di ciottoli, blocchi e matrice sabbioso-limosa (foto a sx) riconducibile all'unità geotecnica U2 rinvenuto nel sondaggio P2 a partire da 1,0 m da p.c. (foto a dx).

7.2.2 Parametri geotecnici

Dal punto di vista del comportamento geotecnico i terreni riconducibili all'unità geotecnica U1 possono essere cautelativamente assimilati a terre a grana grossolana con comportamento coesivo nullo o trascurabile costituite da una *miscela poco selezionata di sabbia e limo con apprezzabile quantità di fini non plastici* identificata nella classificazione USCS ⁽⁴⁾ con la sigla **SM**. Tali terreni risultano incoerenti, privi di cementazione e nonostante al loro interno possa localmente essere presente una ridotta frazione granulometrica argillosa (risultata del 6,6 %), il valore della *coesione* può essere cautelativamente considerato nullo ($c=0$).

Tenendo conto della natura eterogenea e dell'età di tali terreni si ammetterà un *grado di addensamento* (densità relativa D_R) basso dell'ordine del 25-35% circa ($D_R=25-35\%$).

Utilizzando il diagramma sperimentale NAV-FAC ⁽⁵⁾ si ricavano per la miscela poco selezionata di limo e sabbia classificata come **SM** i seguenti valori nominali medi dei principali parametri geotecnici caratteristici di tali terreni:

- angolo di resistenza al taglio compreso tra 28° – 31° ($\phi=28^\circ-31^\circ$);
- peso di volume "secco" compreso tra 1,50-1,70 t/m³ ($\gamma_s=1,50-1,70$ t/m³);
- porosità compresa tra 43-39% ($n=43-39\%$);
- indice dei vuoti pari a circa il 65-70% ($e=65-70\%$).

Dal punto di vista del comportamento geotecnico i terreni riconducibili all'unità U2 possono essere assimilati a terre a grana grossolana con scarsa matrice e comportamento coesivo nullo costituite da *miscele di ghiaia e*

⁽⁴⁾ Sistema unificato di classificazione delle terre (Unified Soil Classification System).

⁽⁵⁾ Diagramma di correlazione elaborato dall'U.S. Naval Publ. and Forms Center di Philadelphia nel 1971, comunemente noto come "NAV-FAC".

sabbia con scarsi o senza fini identificate nella classificazione USCS con la sigla **GW**. Tali terreni risultano incoerenti, privi di cementazione e nonostante al loro interno possa localmente essere presente una ridotta frazione granulometrica argillosa (risultata dello 0,8%), il valore della *coesione* può essere cautelativamente considerato nullo ($c=0$).

Tenendo conto della natura e dell'età recente di tali terreni si ammetterà a fini cautelativi un *grado di addensamento* (densità relativa D_r) dell'ordine del 35-45% circa ($D_r=35-45\%$).

Utilizzando il diagramma sperimentale NAV-FAC si ricava per la miscela di limo, sabbia e ghiaia poco selezionati classificata come GW i seguenti valori nominali medi dei principali parametri geotecnici del terreno:

- angolo di resistenza al taglio compreso tra 32°-34° ($\phi=32^\circ-34^\circ$);
- peso di volume "secco" compreso tra 1,92-2,06 t/m³ ($\gamma_s=1,92-2,06$ t/m³);
- porosità compresa tra 23-27% ($n=23-27\%$);
- indice dei vuoti pari a circa il 31-39% ($e=31-39\%$).

Per una stima del modulo di elastico o modulo di Young "operativo" (E') caratteristico dei terreni di origine fluviale dell'unità U2, si è fatto riferimento ai risultati delle prove SPT pregresse disponibili, precedentemente descritte, e alle correlazioni empiriche proposte da Jamiolkowski *et al.* (1988) e da D'Appolonia *at al.* (1970) per terreni ghiaioso-sabbiosi ammettendo condizioni di normale consolidamento e densità relativa D_r media dei terreni del 40%. In particolare in accordo a Jamiolkowski *et al.* (1988) vale la seguente espressione:

$$E'_{25} = (10,5 - 3,5 \cdot D_r) \cdot N_{SPT}$$

dove:

- E'_{25} = modulo di Young secante cui corrisponde un grado di mobilitazione della resistenza ultima pari al 25%;

- D_r = densità relativa (espressa come frazione di unità)

- N_{SPT} = numeri di colpi della prova SPT.

In accordo a D'Appolonia *et al.* (1970) vale la seguente espressione:

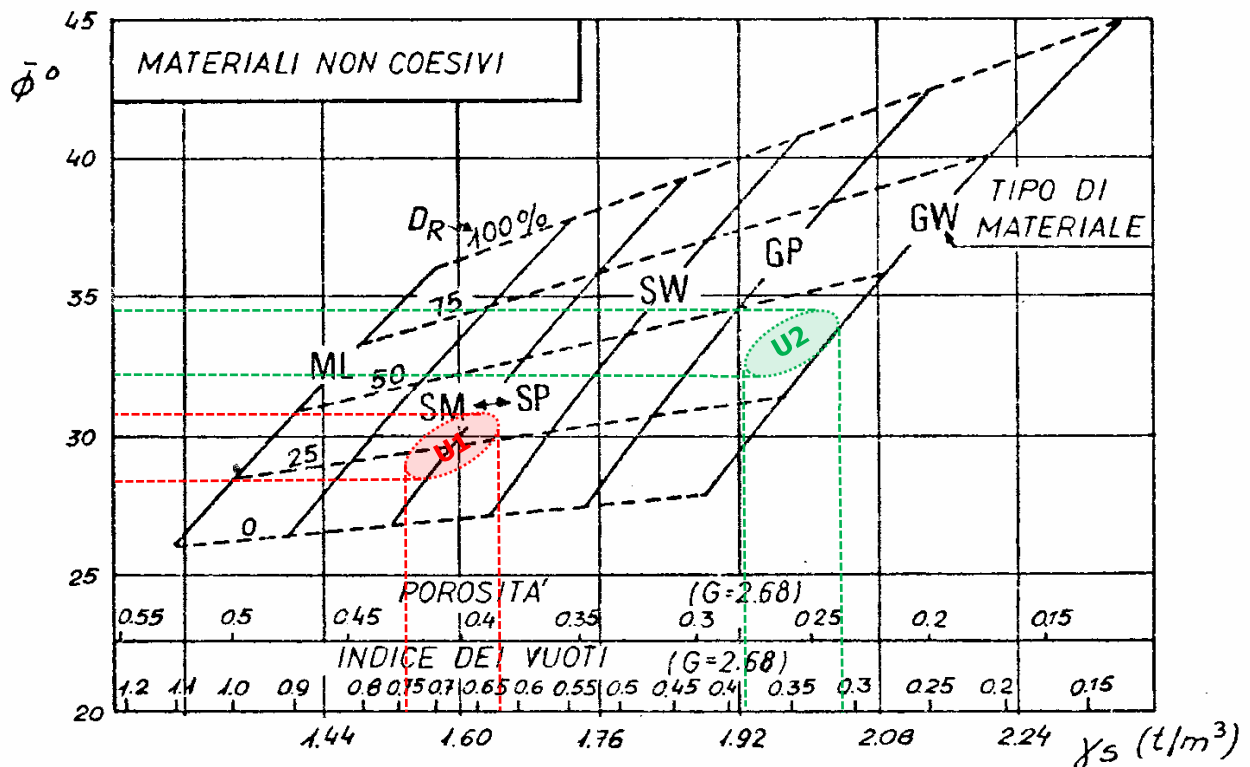
$$E' = 18,75 + 0,756 \cdot N_{SPT}$$

Sulla base dei dati disponibili non è stato possibile stimare il modulo elastico caratteristico dell'unità geotecnica superficiale U1 pertanto questo dovrà essere valutato con specifiche prove in sito (prove di carico su piastra) da eseguire nelle successive fasi di progettazione e realizzazione dell'opera.

Nella seguente **Tabella 7** sono riportati in sintesi i range di variazione dei principali parametri geotecnici delle Unità Geotecniche di progetto.

Tabella 7 – Principali parametri geotecnici delle Unità Geotecniche di progetto.

UNITÀ GEOTECNICA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CLASS. USCS	DENSITÀ RELATIVA	PESO DI VOLUME	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE	PERMEABILITÀ	MODULO ELASTICO	
			D_r	γ_s	ϕ	c	k	E'_{25}	E'
			[%]	[kN/m ³]	[°]	[kPa]	[cm/s]	[MPa]	[MPa]
U1	miscela poco selezionata di sabbia e limo con apprezzabile quantità di fini non plastici	SM	25 - 35	14,7 - 16,7	28 - 31	0	$10^{-3} - 10^{-6}$	-	-
U2	miscele di ghiaia e sabbia con scarsi o senza fini	GW	35 - 45	18,8 - 20,2	32 - 34	0	$10^{-2} - 10^{-3}$	25 - 35	40 - 50



VALORI DI $\bar{\phi}$ PER VARI TIPI DI TERRENO (navfac-1971)

- ML – limi inorganici, sabbie limose molto fini
- SM – sabbie limose
- SP – sabbie, sabbie ghiaiose con granulometria uniforme
- SW – sabbie a granulom. mista, sabbia ghiaiosa
- GP – ghiaia a granulom. uniforme
- GW – ghiaia a granulom. mista, misto ghiaia e sabbia

Figura 22 - Diagramma di correlazione fra i principali parametri geotecnici dei terreni redatto dall'U.S. Naval Publ. and Form Centers of Philadelphia, comunemente noto in letteratura tecnica come "NAV-FAC", con evidenziata la zona indicativa di proiezione delle caratteristiche dei terreni delle unità geotecniche U1 (in rosso, classificata come SM) e U2 (in verde, classificata come GW) in funzione della densità relativa D_r e dell'assortimento granulometrico.