

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 IDROLOGICA E IDRAULICA**

ELABORATO

REV.

int.

est.

SCALA

DATA

TT04FAC0FIDRGENR011

0

0

01/07/2024

AGGIORNAMENTI

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.	VISTO
00	EMISSIONE	07/2024	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

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
2.1	Normativa comunitaria.....	5
2.2	Normativa nazionale	5
2.3	Atti dell'Autorità di Bacino del fiume Po.....	5
2.4	Atti della Regione Piemonte;.....	5
2.5	Norme del Piano Regolatore Generale Comunale della Città di Torino.....	6
3	DOCUMENTAZIONE PROGETTUALE DI RIFERIMENTO	7
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	8
4.1	Ubicazione del sito.....	8
4.2	Indagini geognostiche.....	10
4.2.1	<i>Fotografie aeree storiche della Città di Torino</i>	<i>10</i>
4.2.2	<i>Indagini pregresse</i>	<i>10</i>
4.2.3	<i>Indagini in sito.....</i>	<i>12</i>
4.3	Elementi di pericolosità geomorfologica e idrogeologica	15
5	INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA.....	23
5.1	Premessa	23
5.2	Determinazione dei parametri idrologici di progetto	23
5.3	Verifica dell'invarianza idraulica di progetto	27
5.3.1	<i>Premessa</i>	<i>27</i>
5.3.2	<i>Sistema di gestione delle acque meteoriche.....</i>	<i>28</i>
5.3.3	<i>Attitudine idrogeologica del sito all'infiltrazione di acque meteoriche nel sottosuolo.....</i>	<i>29</i>
5.3.4	<i>Valutazione del grado di permeabilità superficiale del sito.....</i>	<i>31</i>
5.3.5	<i>Calcolo delle portate meteoriche di progetto</i>	<i>33</i>
5.3.6	<i>Coefficiente udometrico di progetto.....</i>	<i>33</i>
5.3.7	<i>Verifica della capacità di smaltimento della trincea disperdente.....</i>	<i>33</i>
5.3.8	<i>Manutenibilità del sistema di raccolta e dispersione delle acque meteoriche.....</i>	<i>35</i>

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 2 di 40
		REV. 00

7	CONSUMO DI SUOLO.....	36
8	CONCLUSIONI.....	40

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 3 di 40
		REV. 00

1 INTRODUZIONE

1.1 Premessa

La presente relazione idrologica e idraulica è predisposta a supporto del progetto 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 idrologico e idraulico che caratterizzano il sito oggetto di intervento.

Si specifica che nel presente studio è stata fornita esclusivamente una caratterizzazione idrologica e idraulica preliminare del sottosuolo interessato dal progetto realizzata sulla base dei risultati delle indagini geognostiche disponibili che potrà essere approfondita nelle successive fasi di progettazione e costruzione dell'opera 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 idrologica e idraulica s.l. necessarie a soddisfare il grado di conoscenza del contesto locale adeguato alla predisposizione del presente progetto in ottemperanza alle previsioni delle vigenti normative tecniche di settore.

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.

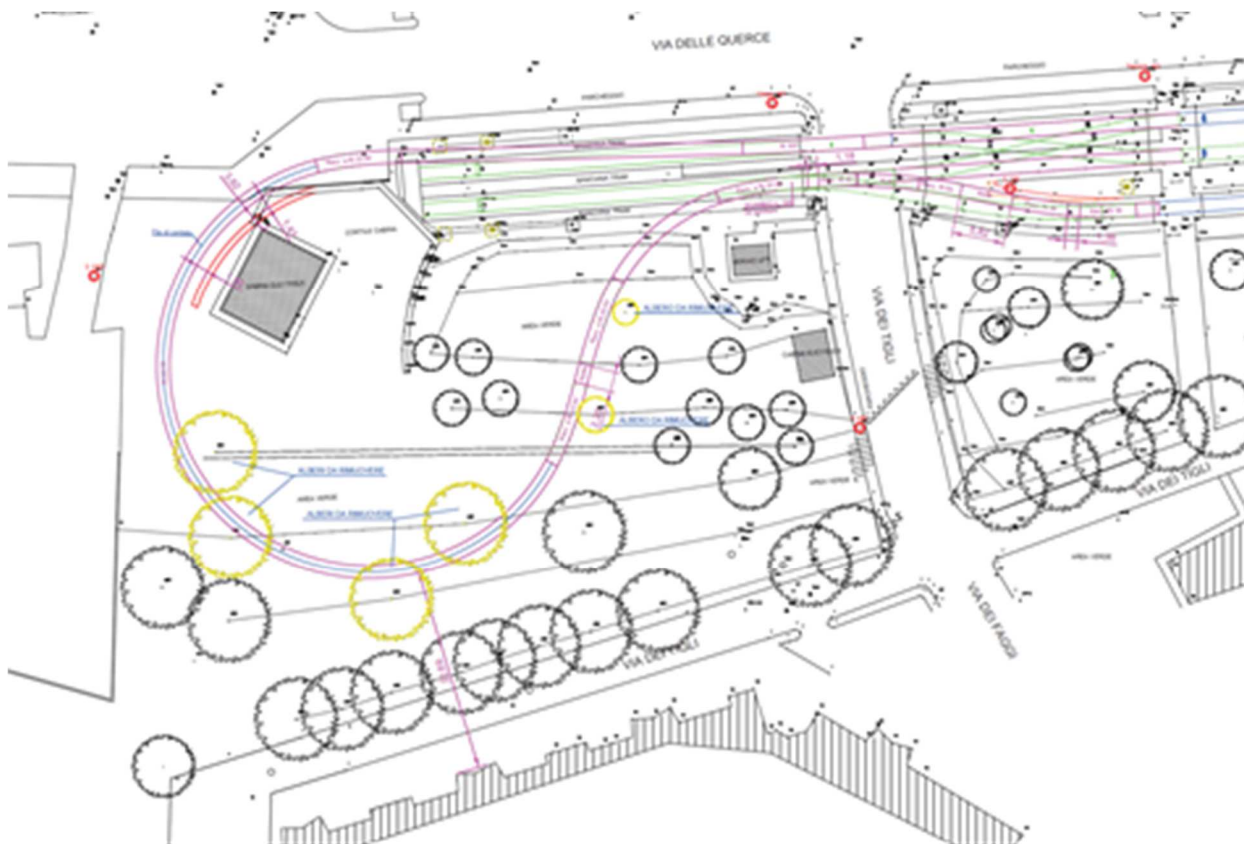



Figura 1 - Stralcio planimetrico del nuovo tracciato "ad anello" del capolinea della Linea 4 a Falchera.

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 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.

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 5 di 40
		REV. 00

2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Il quadro normativo di riferimento per quanto attiene alla normativa idraulica è il seguente:

2.1 *Normativa comunitaria*

- DIRETTIVA 2007/60/CE Direttiva del parlamento europeo e del consiglio del 23 ottobre 2007 relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.

2.2 *Normativa nazionale*


- DPCM del 27 ottobre 2016 Approvazione del Piano di gestione del rischio alluvioni del Distretto idrografico Padano;
- Decreto Legislativo 10 dicembre 2010, n. 219;
- Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 n.49 Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni;
- Regio decreto 25 luglio 1904, n. 523 Testo unico sulle opere idrauliche.

2.3 *Atti dell'Autorità di Bacino del fiume Po*

- P.A.I. (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Po) è lo strumento giuridico che disciplina le azioni riguardanti la difesa idrogeologica del territorio e della rete idrografica del bacino del Fiume Po, attraverso l'individuazione delle linee generali di assetto idraulico ed idrogeologico. È stato approvato con DPCM del 24 maggio 2001 e pubblicato su Gazzetta Ufficiale n. 183 dell'8/8/2001. Il PAI inizia un processo di pianificazione in quanto sollecita la verifica del "quadro dei dissesti" attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.
- Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni assunto dal Segretario Generale dell'Autorità di bacino del fiume Po con proprio decreto in data 20 giugno 2014;
- Decreto n.122/2014 sulla Pubblicazione delle mappe di pericolosità e rischio alluvionale e dello schema di progetto di PGRA.
- Piani di Gestione Rischio Alluvioni.
- Variante alle Norme di attuazione del PAI;

2.4 *Atti della Regione Piemonte;*

- Legge Regionale 29 dicembre 2000, n. 61 "Disposizioni per la prima attuazione del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque";
- Regolamento Regionale 20 febbraio 2006, n. 1/R "Regolamento regionale recante: Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di lavaggio di aree esterne", modificato da R. 7/R 2006 (B.U. 4 agosto 2006, 2° supplemento al n. 31) e R. 13/R 2006 (B.U. 7 dicembre 2006, n. 49);


	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 6 di 40
		REV. 00

- DGR n. 17-792 del 22 dicembre 2014 relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni, ai sensi del D. Lgs 49/2010: presa d'atto delle mappe di pericolosità e di rischio e del progetto di Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA);
- DGR n. 8-2588 del 14.12.2015 preso atto del primo Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA);
- DGR n. 12-4031 10 ottobre 2016, Progetto di Variante alle Norme di attuazione del PAI: Parere della Regione Piemonte;
- La normativa del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico prevede che i Comuni, in sede di formazione e adozione degli strumenti urbanistici generali e loro varianti, sono tenuti a conformare le loro previsioni alle delimitazioni e alle relative disposizioni normative, sulla base di una verifica di compatibilità idraulica e idrogeologica delle previsioni contenute negli strumenti urbanistici vigenti con le condizioni presenti o potenziali rilevate anche nella cartografia del PAI. In Regione Piemonte questo processo è stato regolato dalla D.G.R. n. 64-7417 del 7.04.2014;
- Con Deliberazione della Giunta Regionale del 20 luglio 2018, n. 28-7253 è stato adottato il Progetto di revisione del Piano di Tutela delle Acque (PTA), comprensivo dei documenti di supporto per l'avvio della fase di Valutazione Ambientale Strategica;
- Con Deliberazione della Giunta Regionale 30 luglio 2018, n. 25-7286 sono state adottate le Disposizioni regionali riguardanti l'attuazione del Piano di gestione rischio alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico (art. 58 Norme di Attuazione PAI, integrate dal Titolo V), le attività per i comuni non ancora adeguati al PAI e l'aggiornamento del quadro del dissesto a seguito di eventi calamitosi.

2.5 Norme del Piano Regolatore Generale Comunale della Città di Torino

- NORME SULL'ASSETTO IDROGEOLOGICO E DI ADEGUAMENTO AL P.A.I. variante: id 226, var. n. 100 - variante geologica, approvata il 06/11/2008.

Al di là di tali norme, e dell'evidente gerarchia delle stesse, per le quali è sicuramente prevalente quanto riportato nelle Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto idrografico Padano, è stato possibile ricostruire, almeno in parte, la storia delle norme stesse alle quali non sempre sono associati dei livelli di riferimento sulla base dei quali definire a priori le quote di sicurezza degli interventi.

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 7 di 40
		REV. 00

3 DOCUMENTAZIONE PROGETTUALE DI RIFERIMENTO

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

- Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica, geotecnica e sismica (elaborato cod. TT04FAC0FGEOGENR010);
- Carta geologica e geomorfologica, scala 1:200 (elaborato cod. TT04FAC0FGEOGENT003);
- Sezioni litostratigrafiche, scala 1:100 (elaborato cod. TT04FAC0FGEOGENT004);
- Impianti di raccolta e drenaggio delle acque meteoriche (elaborato cod. TT04FAC0FIDRLINT016);
- Relazione sulla gestione delle materie – Terre e rocce da scavo e rifiuti (elaborato cod. TT04FAC0FAMBGENR009).

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

4.1 Ubicazione del sito

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	

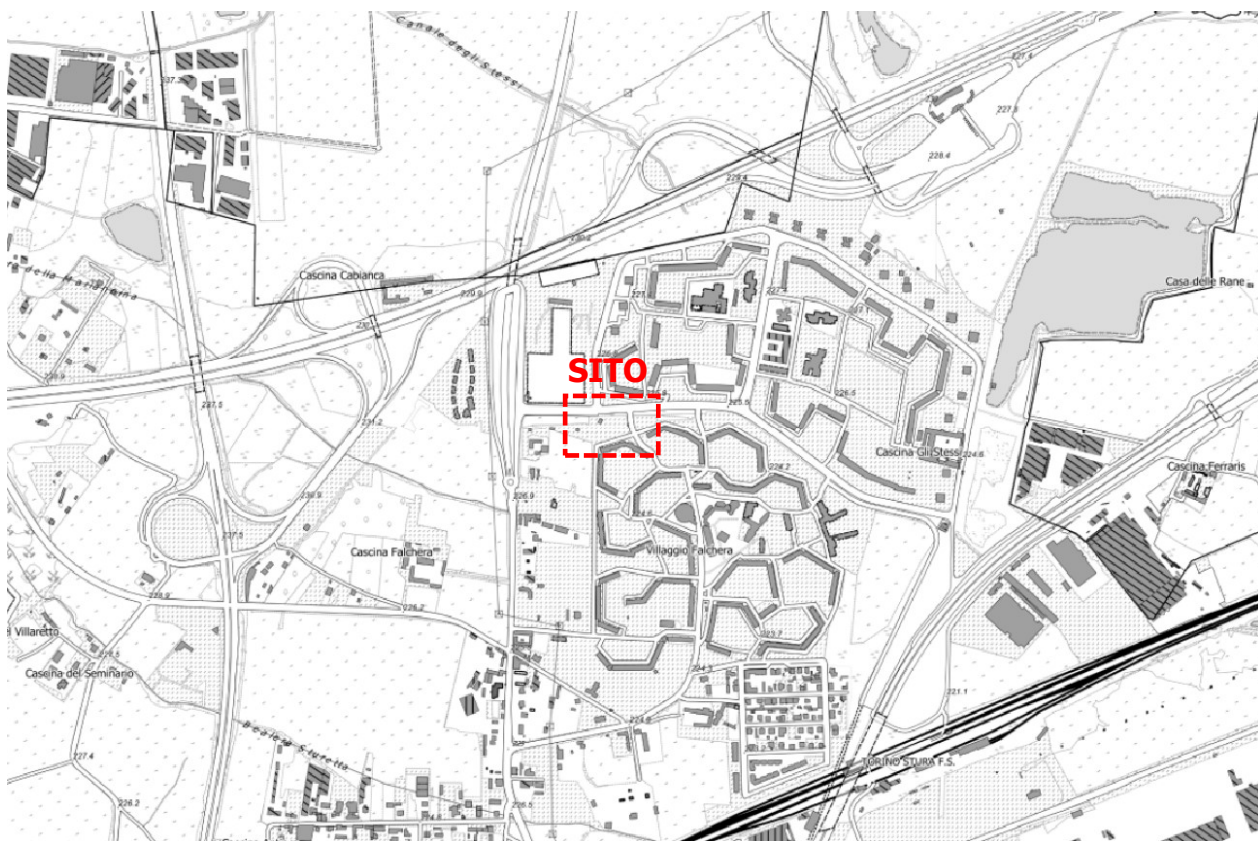


Figura 2 – Estratto della BDTRE Regione Piemonte scala 1:10.000 - Allestimento 2023 (non in scala) con riportata l'ubicazione indicativa del sito.

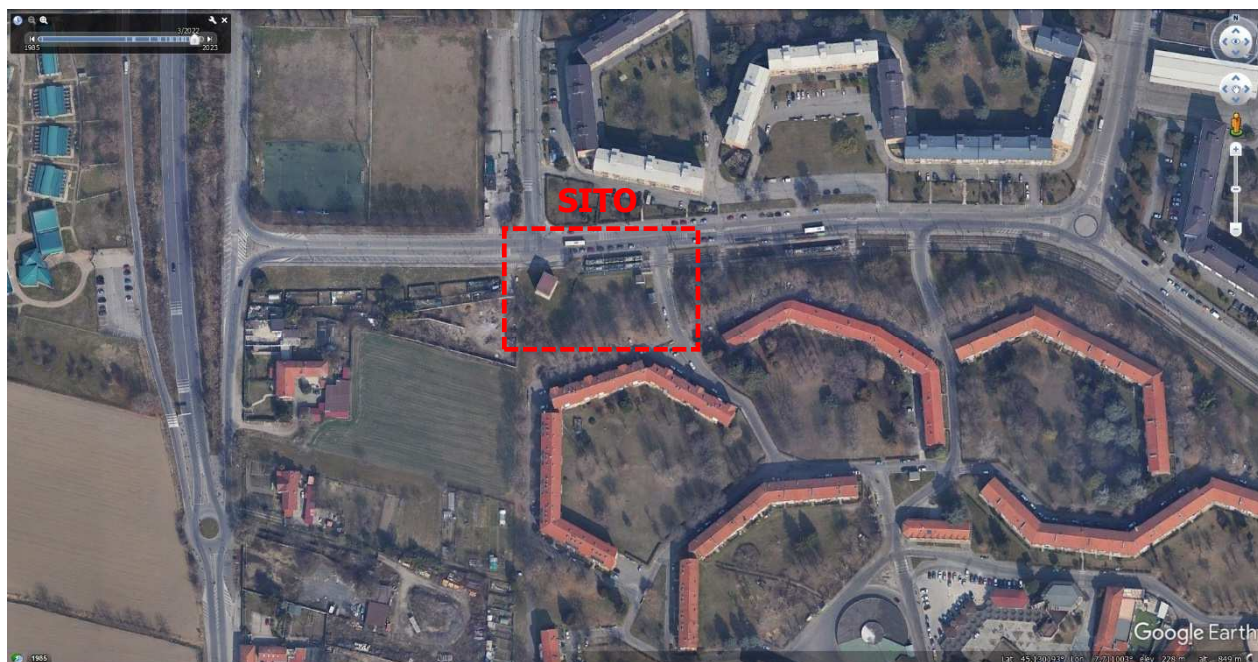



Figura 3 – Foto aerea Google Earth © risalente al 28 marzo 2023 con indicata l'ubicazione indicativa del sito.

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 10 di 40
		REV. 00

4.2 Indagini geognostiche

4.2.1 *Fotografie aeree storiche della Città di Torino*

La Città di Torino ha reso disponibile mediante un'applicazione GIS (Geographic Information System) un progetto QGIS desktop FOSS (Free and Open Source Software) che permette la visualizzazione e l'utilizzo *open-data* di tutti i livelli informativi geografici disponibili in download dal Catalogo del Geoportale della Città (<http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico>).

Gli estratti fotografici consultati per la realizzazione del presente studio, rappresentati dal materiale fotografico contenuto nell'archivio di ortofoto storiche della Città di Torino riprese nel periodo 1979-2023 riportato in Allegato 1 del presente elaborato, hanno permesso la ricostruzione delle diverse fasi di recente urbanizzazione che hanno interessato l'area di intervento.

4.2.2 *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.ssa 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 documento *Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica, geotecnica e sismica* (elaborato cod. TT04FAC0FGEOGENR010) del presente progetto.

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	-	Subsistema di Leini - RGM ₂
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	101112	S4	1970	Sondaggio a carotaggio	8,0	4	-	Subsistema di Leini - RGM ₂
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	101111	S3	1970	Sondaggio a carotaggio	8,0	3,6	-	Subsistema di Leini - RGM ₂
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	101110	S2	1970	Sondaggio a carotaggio	8,0	3,1	-	Subsistema di Leini - RGM ₂
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	101109	S1	1970	Sondaggio a carotaggio	8,0	4,5	-	Subsistema di Leini - RGM ₂
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	108840	S4	2000	Sondaggio a carotaggio	20,0	5	N. 6 SPT	Subsistema di Crescentino - CSN ₂
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	108830	S3s-new	2006	Sondaggio a carotaggio	15,0	3,5	-	Subsistema di Crescentino - CSN ₂
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	1979	S8	1974	Sondaggio a carotaggio	20,0	4,8	N. 4 SPT	Subsistema di Crescentino - CSN ₂
ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica	10026414	1000001102-13*-5768-A	n.d.	Pozzo	118,0	n.d.	-	Subsistema di Crescentino - CSN ₂
Città Metropolitana di Torino Catasto Derivazioni e Scarichi Idrici	TOP5904	TOP5904	1982	Pozzo con stratigrafia	29,0	6	-	Subsistema di Crescentino - CSN ₂
PEC "Laghetti Falchera"	-	PE01+PE13	2016	Pozzetto esplorativo	2,0	n.d.	-	Subsistema di Crescentino - CSN ₂
PEC "Laghetti Falchera"	-	PZ1	2009	Piezometro	10,0	2,6	-	Subsistema di Crescentino - CSN ₂
PEC "Laghetti Falchera"	-	PZ2	2009	Piezometro	6,0	3,9	-	Subsistema di Crescentino - CSN ₂
PEC "Laghetti Falchera"	-	PZ3	2009	Piezometro	6,0	2,9	-	Subsistema di Crescentino - CSN ₂

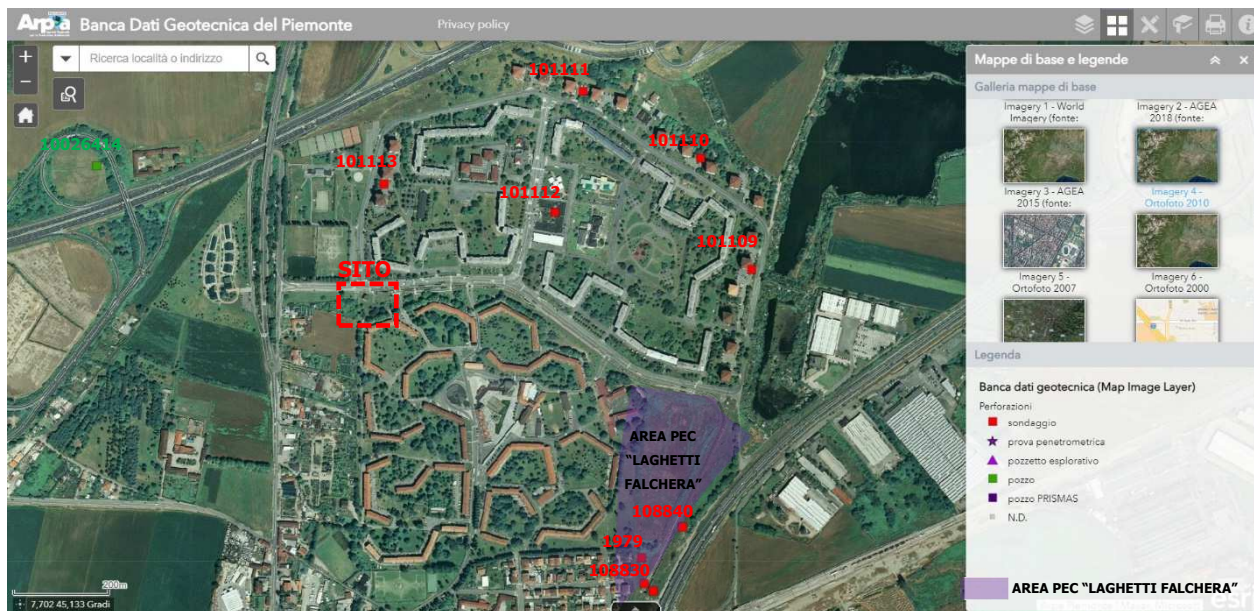


Figura 4 – Ubicazione planimetrica dei punti di indagine geognostica pregresse reperiti mediante la consultazione della Banca Dati Geotecnica - ARPA Piemonte ed estensione indicativa dell’area interessata dalle indagini geognostiche svolte nell’ambito del PEC “Laghetti Falchera” (in viola).

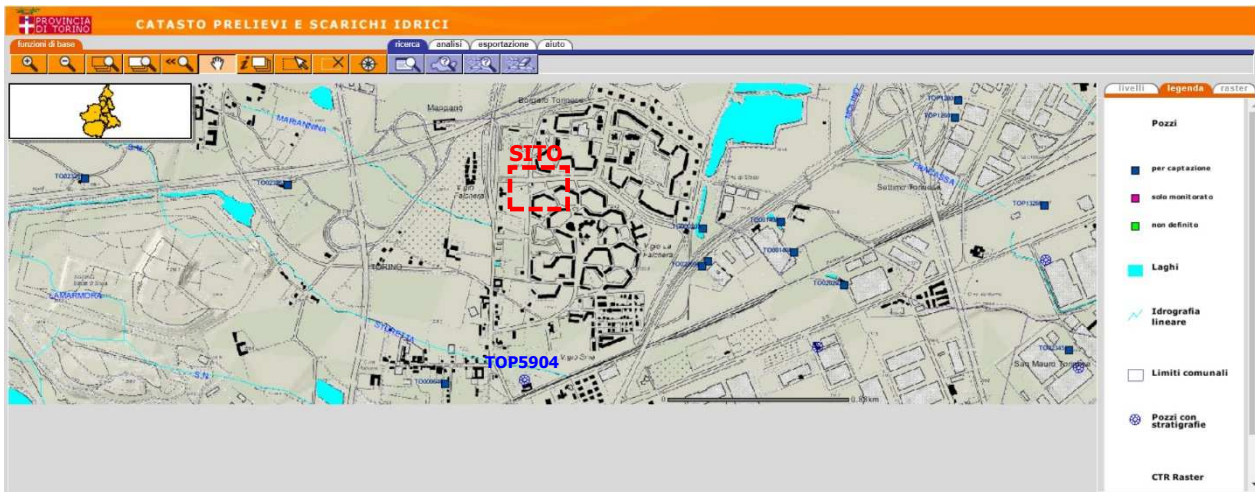


Figura 5 – Estratto dell’applicativo webgis Catasto Prelievi e Scarichi Idrici della Città Metropolitana di Torino con riportata l’ubicazione indicativa del sito in esame.

4.2.3 *Indagini in sito*

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 progetto 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 progetto sono sintetizzati nel seguito del presente paragrafo.

4.2.3.1 *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 (elaborato cod. TT04FAC0FGEOGENT003) del presente progetto, le schede stratigrafiche con relativa documentazione fotografica delle indagini eseguite sono riportate in Allegato 2 dell’elaborato *Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica, geotecnica e sismica* (elaborato cod.

TT04FAC0FGEOGENR010) del presente progetto; il verbale di sopralluogo delle attività di indagine geognostica eseguite è riportato in Allegato 4 dello stesso documento sopra citato.



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.

4.2.3.2 Campioni geotecnici e ambientali

Nei sondaggi realizzati in sito nel progetto 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. Lgs. 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 progetto e sottoposti ad analisi di laboratorio.

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

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

4.2.3.3 Risultati delle analisi di laboratorio

4.2.3.3.1 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 documento *Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica, geotecnica e sismica* (elaborato cod. TT04FAC0FGEOGENR010) del presente progetto.


4.2.3.3.2 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 *Relazione sulla gestione delle materie – Terre e rocce da scavo e rifiuti* (elaborato cod. TT04FAC0FAMBGENR009) del presente progetto e nei relativi allegati.

4.2.3.4 Sopralluoghi

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

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 15 di 40
		REV. 00

documento *Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica, geotecnica e sismica* (elaborato cod. TT04FAC0FGEOGENR010) del presente progetto.

In occasione del sopralluogo effettuato in sito a febbraio 2024 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.

4.3 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 7**) e delimitazione delle fasce fluviali aggiornate al novembre 2014;
- Direttiva alluvioni - Carte della pericolosità da alluvione — Aggiornamento 2021 (**Figura 8**): 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. "PGRA") 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 9**): 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 PGRA con T_r di 10-500 anni;
- esterna ad aree di rischio previste dal PGRA.

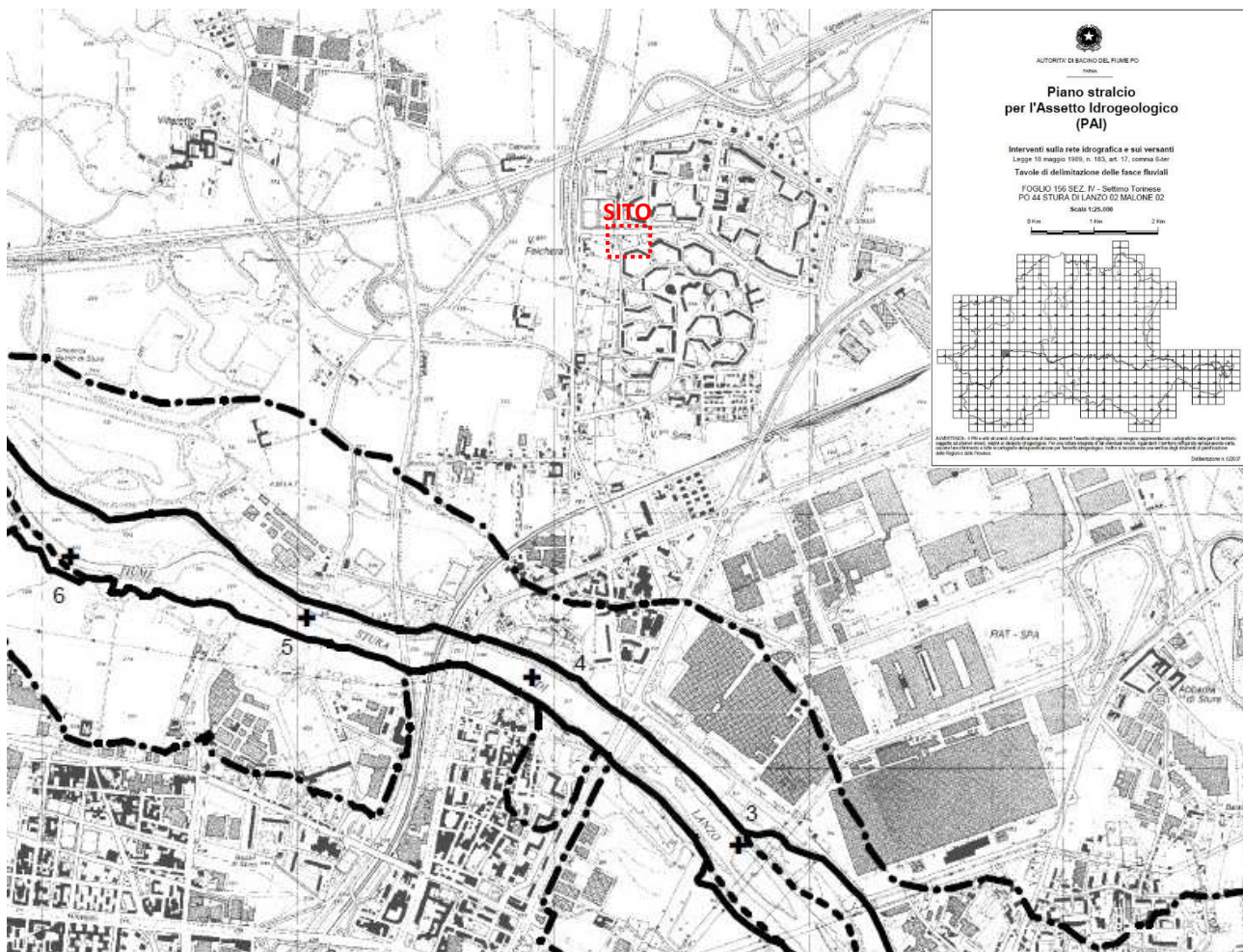
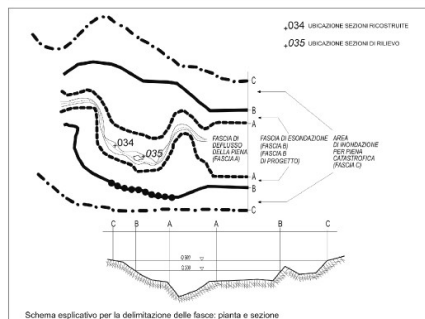


Figura 7 – Estratto Foglio 156 sez. IV – Scala 1:25.000 - Settimo Torinese Po 44 Stura di Lanzo 02 Malone 02 del PAI con indicata l'ubicazione indicativa del sito in esame (in rosso).

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



	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

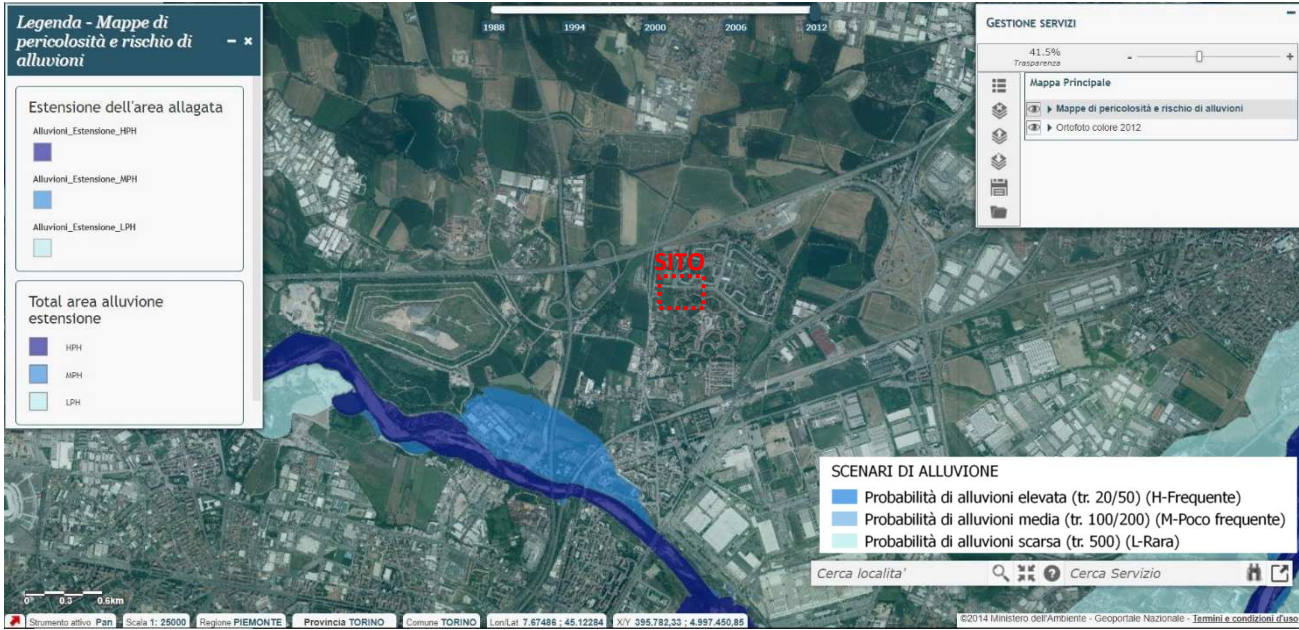


Figura 8 - Estratto della Carta della pericolosità da alluvione – Aggiornamento 2021 del PGRA con indicata l'ubicazione indicativa del sito in esame (in rosso).

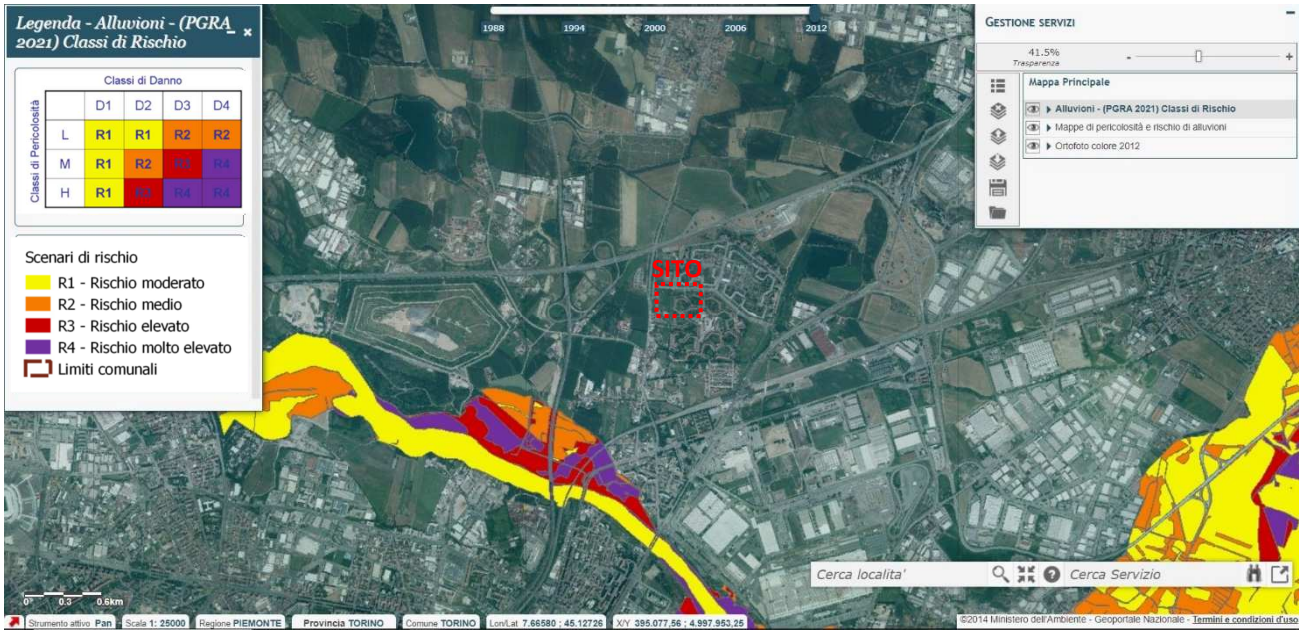



Figura 9 - Estratto della Carta del rischio da alluvione – Aggiornamento 2021 del PGRA con indicata l'ubicazione indicativa sito in esame (in rosso).

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 18 di 40
		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 10**);
- *Tavola n. 3 Foglio n. 2B "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica"* (estratto in **Figura 11**).

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 progetto, 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.

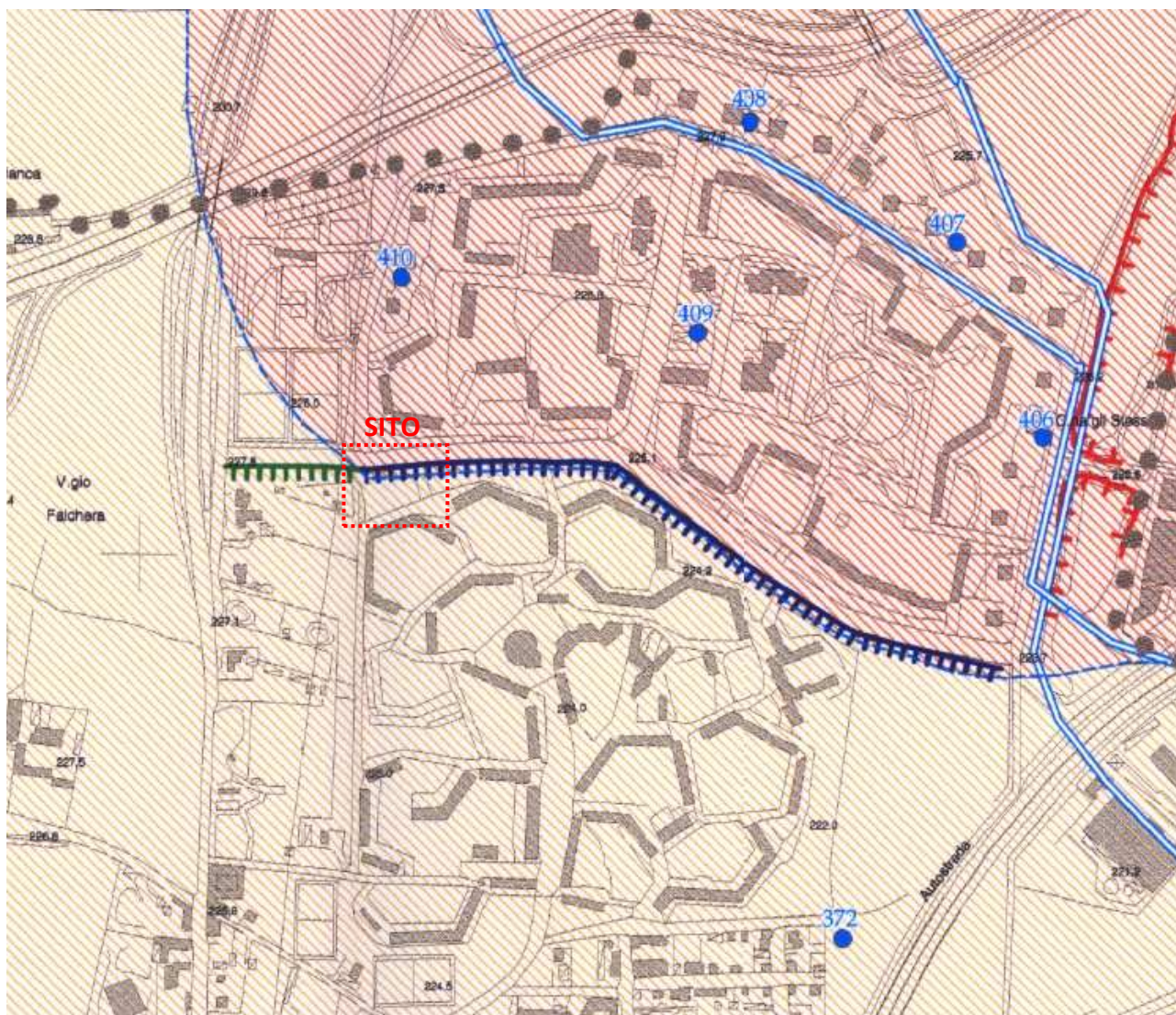


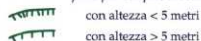
Figura 10 - Estratto della Tavola n. 3.23, Foglio n. 1 "Carta geologico-strutturale e geomorfologica dell'area di pianura" (non in scala) allegata alla Variante Studi Idrogeomorfologici del PRGC della Città di Torino con riportata l'ubicazione del sito in esame (in rosso).

Legenda

PAESAGGIO ANTROPICO

FORME ANTROPICHE

principali scarpate di accumulo:

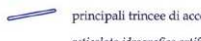


con altezza < 5 metri
 con altezza > 5 metri

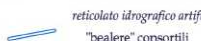
principali scarpate di escavazione



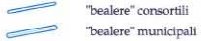
principali rilevati di accesso a ponti e viadotti e manufatti di sovrappasso



principali trincee di accesso a sottopassi e gallerie di sottopasso



reticolato idrografico artificiale (da Hydrodata, 1999):



"bealere" consorziali



"bealere" municipali

DEPOSITI ANTROPICI

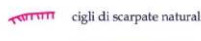


aree con più estesi e potenti riporti artificiali

PAESAGGIO NATURALE

SUPERFICIE

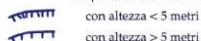
FORME ANTROPICHE MODIFICATE ARTIFICIALMENTE



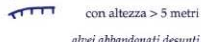
cigli di scarpate naturali di erosione, arretrate artificialmente

FORME NATURALI

scarpate naturali di erosione più o meno rimodellate artificialmente

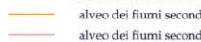


con altezza < 5 metri

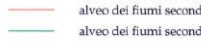


con altezza > 5 metri

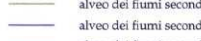
alvei abbandonati desunti dalla cartografia storica:



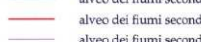
alveo dei fiumi secondo la Gran Carta degli Stati Sardi in terraferma, scala 1:50.000, 1820-1826



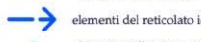
alveo dei fiumi secondo la Gran Carta degli Stati Sardi in terraferma, scala 1:50.000, 1875 - pubbl. 1878



alveo dei fiumi secondo la Carta d'Italia I.G.M., scala 1:25.000, rilievo 1881 - aggiornamento 1898



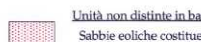
alveo dei fiumi secondo la Carta d'Italia I.G.M., scala 1:25.000, rilievo 1881 - aggiornamento 1903



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
OLOCENE U. IN FORMAZIONE	U. PARCO PEMONTE I	U. PARCO COLLETTA U. C.NA MARCHISA	U. MEERNO	U. BARCA
PLEIST. SUPERIORE UNITÀ 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 EBROSSO		

— 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

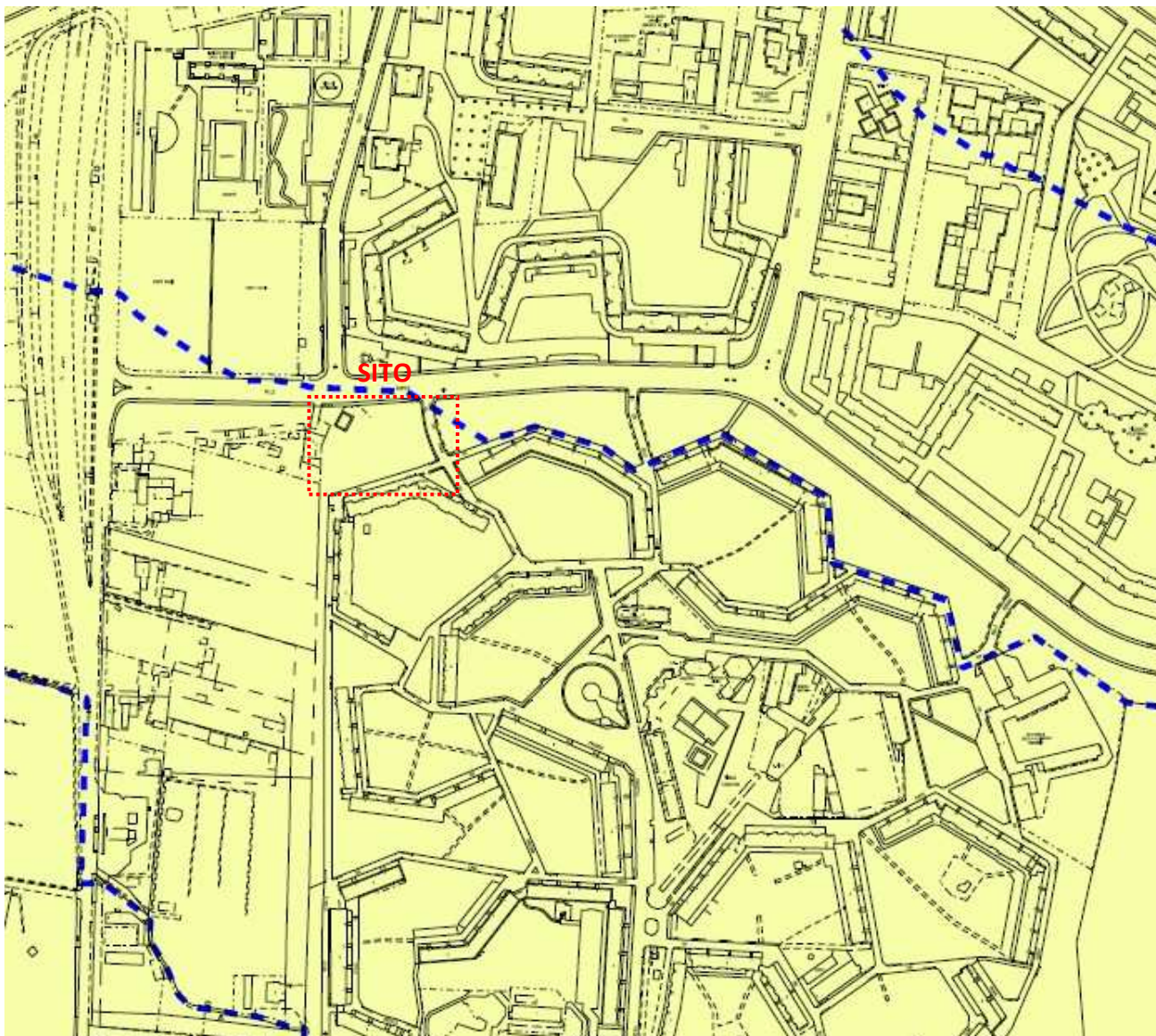




































Figura 11 - Estratto della Tavola n. 3 Foglio n. 2B "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell' idoneità all' utilizzazione urbanistica" (non in scala) allegata al vigente PRGC della Città di Torino con riportata l' ubicazione del sito in esame.


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 fase fluviale 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 IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 23 di 40
		REV. 00

5 INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

5.1 Premessa

Dal punto di vista idrologico l'intervento in oggetto prevede la realizzazione di un sistema di gestione degli afflussi meteorici nelle seguenti configurazioni:

- *Fase di realizzazione dell'opera*, in cui sarà necessario gestire e recapitare in idoneo recettore le acque meteoriche che potranno interessare le aree di cantiere;
- *Fase di esercizio dell'opera*, in cui l'opera sarà soggetta ad afflussi meteorici scolanti provenienti dalla sede tranviaria di nuova realizzazione che sarà presidiata da una adeguata rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche.

Entrambe le configurazioni comportano la definizione di recapiti idonei a ricevere gli afflussi di progetto, di modalità di recapito efficaci e sicure oltre che di una adeguata previsione del quantitativo di deflussi attesi.

Lo scopo principale dell'analisi idrologica è quello di determinare l'entità delle massime portate di deflusso meteorico per le aree oggetto di studio, in particolare in riferimento ad eventi pluviometrici intensi di breve durata caratterizzati da tempi di ritorno dell'evento variabili.

Il presente studio ha inizialmente analizzato le precipitazioni affluenti sulle aree di intervento, dedicando particolare attenzione al reperimento dei dati pluviometrici e all'individuazione delle curve di possibilità pluviometrica relative alla superficie analizzata, in funzione di differenti tempi di ritorno dell'evento.

Le assunzioni idrologiche formulate nel presente progetto potranno essere definite con maggior dettaglio e approfondimento nelle successive fasi progettuali.

5.2 Determinazione dei parametri idrologici di progetto


Le curve di possibilità pluviometrica caratteristiche per l'area della Città di Torino sono state ricavate sulla base dei dati pluviometrici raccolti dalle stazioni di misura di ARPA Piemonte pubblicati nell'ambito del progetto Strategie di Adattamento ai Cambiamenti Climatici per la gestione dei rischi naturali (c.d. "Progetto STRADA"). L'Atlante delle Piogge Intense della Regione Piemonte consente di ricavare, in un qualsiasi punto del territorio regionale, le quantità di precipitazioni per differenti frequenze di accadimento; tale dato rappresenta lo strumento essenziale per la progettazione idraulica e per la valutazione probabilistica degli afflussi meteorici e delle portate di piena.

La curva di probabilità pluviometrica media consente di valutare l'altezza massima di pioggia di durata assegnata $P(d)$ che può verificarsi in una determinata zona e viene generalmente espressa per mezzo della seguente formula (1):

$$P(d) = ad^n \quad (1)$$

Dove:

- l'altezza di pioggia P è espressa in funzione della durata d dell'evento meteorico a meno dei due parametri a ed n nel seguito descritti;

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 24 di 40
		REV. 00

- il coefficiente pluviale orario a , che rappresenta l'altezza media di pioggia caduta in un intervallo di tempo pari ad un'ora;
- l'esponente di invarianza di scala n , che governa l'andamento della curva e l'entità della dipendenza dalla durata della precipitazione.

La determinazione dei coefficienti della curva di probabilità pluviometrica è stata effettuata considerando le medie pesate delle massime precipitazioni per le varie durate. Queste ultime sono state determinate applicando il *kriging* ordinario ad una griglia di interpolazione a maglia quadrata (250 m) partendo dalle serie storiche disponibili. Il *kriging* ordinario è stato applicato, per ciascuna durata, ad ogni anno di osservazione, ottenendo una serie sintetica di mappe annuali contenenti i valori stimati di massimi di precipitazione alle varie durate in ogni nodo della griglia. A valle dell'applicazione del *kriging*, ogni nodo è dunque caratterizzato da diverse serie sintetiche di massimi annui di precipitazione (una per ciascuna durata).

La stima dei parametri a e n della curva, avviene a partire da tali serie di massimi annuali di altezza di pioggia, per cui è stato possibile ottenere le mappe di a ed n rappresentative di tutti i punti della griglia di interpolazione. La dipendenza delle precipitazioni dal tempo di ritorno può essere ricostruita moltiplicando la relazione (1) per un fattore di crescita K_T .

$$P(d, T) = ad^n K_T \quad (2)$$

Per la stima del fattore di crescita K_T , atto a individuare la precipitazione di progetto relativa a un determinato tempo di ritorno T , si è effettuata un'analisi regionale volta a identificare le distribuzioni che meglio si adattano alla distribuzione dei massimi annui in Regione Piemonte. La distribuzione Gumbel (due parametri) e la GEV (tre parametri) si configurano entrambe come valide alternative. L'utilizzo dell'una piuttosto che dell'altra è quindi strettamente legato agli obiettivi dello studio e deve essere motivato alla scala locale dove l'utente si trova ad operare. La metodologia adottata ha consentito la creazione delle mappe di K_T secondo Gumbel e GEV per tempi di ritorno 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1.000 anni.

Le informazioni pluviometriche citate sono consultabili su base cartografica attraverso l'applicazione *webgis* Atlante Piogge Intense in Piemonte di ARPA Piemonte accessibile dalla homepage del Geoportale ARPA di cui nella seguente **Figura 12** si riporta un estratto in cui sono evidenziate le N. 4 celle della griglia di riferimento individuate dal Progetto STRADA entro cui ricade il sito e i valori dei parametri caratteristici della curva di possibilità pluviometrica per l'area in oggetto.

I valori dei parametri a ed n adottati nel presente progetto sono quelli relativi alla cella individuata nell'Atlante Piogge Intense in Piemonte di ARPA Piemonte con OBJECTID 268574 caratterizzata dalla maggiore precipitazione meteorica attesa:

- $a = 30,64$ (A_PESO);
- $n = 0,27$ (N_PESO).

La curva di possibilità pluviometrica considerata come caratteristica del sito di intervento risulta quindi caratterizzata da un valore di precipitazione meteorica attesa su un tempo di ritorno di 50 anni ($T = 50$ anni) pari a 59,9 mm in 1 ora, calcolato secondo distribuzione GEV. I valori caratteristici delle linee segnalatrici di

probabilità pluviometrica del sito calcolati secondo distribuzione GEV in riferimento alle assunzioni precedentemente esposte per gli eventi di durata inferiore o superiore all'ora sono riportati sotto forma tabellare nella seguente **Tabella 4** e in forma graficizzata nella successiva **Figura 13**.

Infine sulla base dei dati citati, nella **Tabella 5** seguente è stata calcolata l'intensità di pioggia oraria i , espressa in mm/h, in funzione dell'altezza di pioggia attesa h , espressa in mm, e del fattore di crescita K_T da 2 a 200 anni.

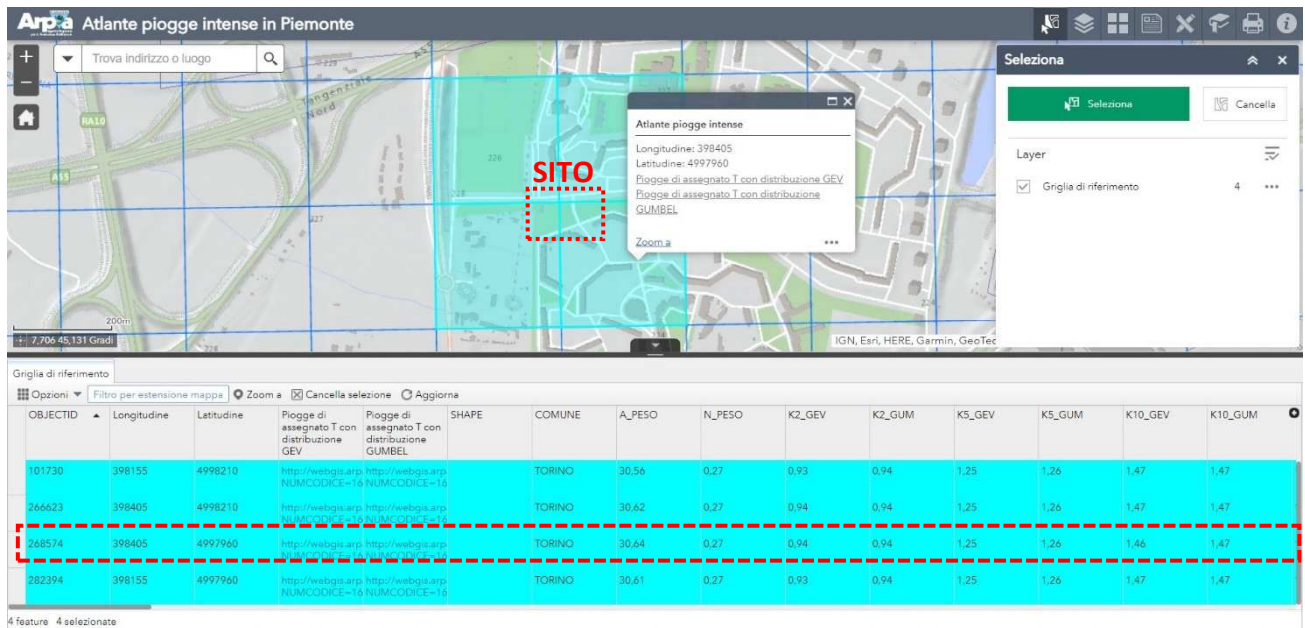


Figura 12 – Estratto dell'applicativo *webgis* Atlante Piogge Intense in Piemonte di ARPA Piemonte.

Tabella 4 – Valori caratteristici delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica del sito.

Atlante piogge intense in Piemonte (GEV)

Comune di **TORINO** (lat: 4997959.95 , lon: 398405.45)

Parametri della curva di probabilità pluviometrica. a: 30.64 n: 0.27



CSV Excel

Fattore di crescita K_T

K2	K5	K10	K20	K50	K100	K200
0.935	1.25	1.465	1.675	1.955	2.169	2.388

Pioggie di assegnato tempo di ritorno per durate da 10 minuti a 24 ore (mm)

CSV Excel

Durata	Tempo di ritorno in anni						
	2	5	10	20	50	100	200
10 minuti	17.5	23.4	27.4	31.3	36.6	40.6	44.6
20 minuti	21.3	28.5	33.3	38.1	44.5	49.4	54.3
30 minuti	23.8	31.8	37.3	42.6	49.7	55.2	60.7
1 ora	28.7	38.3	44.9	51.3	59.9	66.5	73.2
3 ore	38.4	51.3	60.1	68.8	80.2	89.1	98
6 ore	46.2	61.7	72.3	82.7	96.5	107.1	117.9
12 ore	55.5	74.2	87	99.5	116.1	128.8	141.8
24 ore	66.8	89.3	104.6	119.6	139.6	154.9	170.5

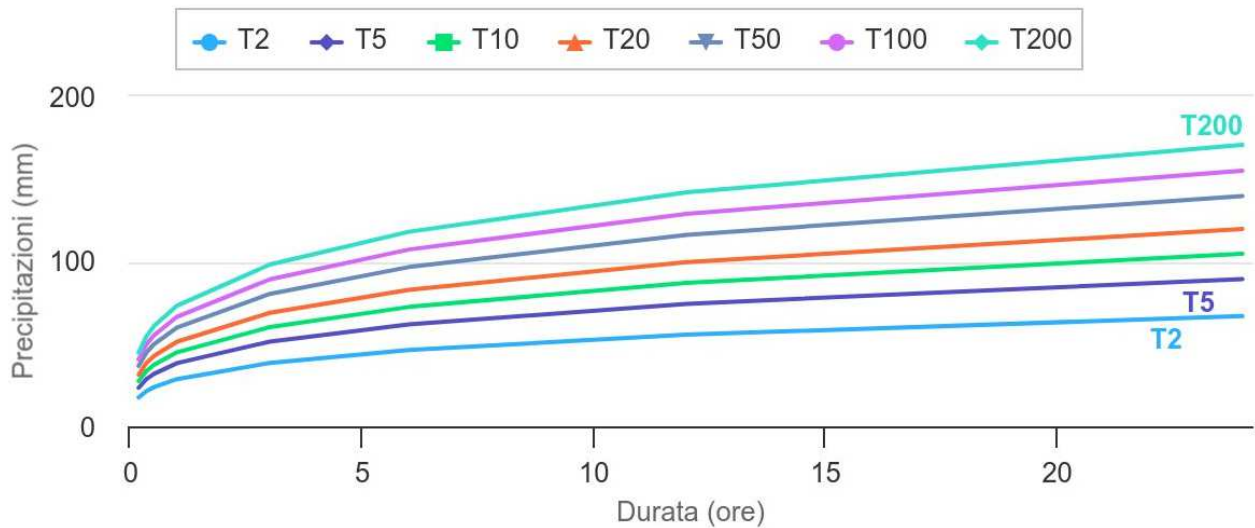



Figura 13 – Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica del sito estratte dall'applicativo *webgis* Atlante Piogge Intense di ARPA Piemonte.

Tabella 5 – Intensità di pioggia oraria *i* in funzione dell'altezza di pioggia.

DURATA		ALTEZZA h (mm)							INTENSITÀ <i>i</i> (mm/h)						
min	h	T2_GEV	T5_GEV	T10_GEV	T20_GEV	T50_GEV	T100_GEV	T200_GEV	T2	T5	T10	T20	T50	T100	T200
10	0,17	17,5	23,4	27,4	31,3	36,6	40,6	44,6	104,9	140,3	164,3	188,0	219,3	243,4	267,9
20	0,33	21,3	28,5	33,3	38,1	44,5	49,4	54,3	63,9	85,4	100,0	114,4	133,5	148,1	163,0
30	0,5	23,8	31,8	37,3	42,6	49,7	55,2	60,7	47,6	63,6	74,5	85,2	99,4	110,4	121,5
60	1	28,7	38,3	44,9	51,3	59,9	66,5	73,2	28,7	38,3	44,9	51,3	59,9	66,5	73,2
180	3	38,4	51,3	60,1	68,8	80,2	89,1	98,0	12,8	17,1	20,0	22,9	26,7	29,7	32,7
360	6	46,2	61,7	72,3	82,7	96,5	107,1	117,9	7,7	10,3	12,1	13,8	16,1	17,9	19,6
720	12	55,5	74,2	87,0	99,5	116,1	128,8	141,8	4,6	6,2	7,2	8,3	9,7	10,7	11,8
1440	24	66,8	89,3	104,6	119,6	139,6	154,9	170,5	2,8	3,7	4,4	5,0	5,8	6,5	7,1

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 27 di 40
		REV. 00


5.3 Verifica dell'invarianza idraulica di progetto

5.3.1 Premessa

Il principio di *invarianza idraulica* s.l. applicato alla progettazione di nuovi interventi edificatori che prevedano delle trasformazioni del contesto idraulico esistente, rende necessario verificare che le portate massime del deflusso meteorico recapitate nei ricettori naturali o artificiali e provenienti dalle aree per cui è prevista l'urbanizzazione, non siano maggiori delle portate preesistenti all'urbanizzazione dell'area (c.d. principio di modulazione delle portate). Inoltre, sulla base del principio di *invarianza idrologica*, oltre alle portate, anche i volumi di deflusso meteorico non devono essere maggiori di quelli preesistenti all'edificazione (c.d. principio di modulazione delle portate e dei volumi).

Come indicato dal Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Torino *nell'elaborato "DS6 – Disposizioni tecnico-normative in materia di difesa del suolo"*: "ogni intervento di trasformazione d'uso del territorio che provoca impermeabilizzazione dei suoli ed aumento della velocità di corrivazione delle acque meteoriche deve prevedere azioni correttive volte a mitigarne gli effetti" e "A tutti gli interventi di nuova urbanizzazione o di trasformazione urbanistica si applica in generale il principio dell'invarianza idraulica".

Il tema dell'invarianza idraulica è affrontato anche nel Piano di Resilienza della Città di Torino, ratificato dall'organo esecutivo locale con Deliberazione di Giunta Comunale mecc, 2020 – 01683/112 del 28 luglio 2020. Il suddetto piano prescrive che: "Il principio dell'invarianza idraulica dovrà essere previsto negli interventi attuati con titolo abilitativo edilizio diretto, Permesso di Costruire Convenzionato (PCC) o con Strumento Urbanistico Esecutivo (SUE), nonché negli interventi nelle aree a servizi; sino all'aggiornamento del Piano Regolatore Generale, tali obiettivi sono assunti nel quadro delle Valutazioni Ambientali di Piani, Programmi e Progetti. Il principio dell'attenuazione idraulica, con una riduzione di portata di almeno il 50% rispetto al valore di deflusso dell'area oggetto di intervento in condizioni ante-operam, dovrà essere applicato prioritariamente nelle aree della città che già presentano situazioni di criticità in termini di allagamenti (Fig. 18), determinate dagli attuali livelli di pioggia registrati; in particolare, dovrà essere previsto per interventi su aree pubbliche, negli ambiti di riqualificazione dello spazio pubblico e, per gli interventi privati, nel caso di ristrutturazioni urbanistiche di specifici ambiti individuati da programmi di de-impermeabilizzazione. Sarà, tuttavia, necessario monitorare continuamente le criticità del territorio con riferimento alla capacità della rete esistente di smaltire le portate che si determineranno a causa di eventi meteorici sempre più intensi e con riferimento alla manutenzione delle infrastrutture d'ingresso alla rete esistente. I suddetti principi devono essere garantiti principalmente mediante l'applicazione dei metodi del drenaggio urbano sostenibile o, in caso di dimostrata impossibilità, prevedendo azioni di miglioramento della rete di drenaggio con la realizzazione di opere di mitigazione del fenomeno. In particolare, nel caso dell'applicazione dell'attenuazione idraulica, la realizzazione di infrastruttura grigia deve essere adottata solo per raggiungere il suddetto valore di riduzione della portata (almeno 50%) e solo in modo integrativo nel caso risulti non raggiungibile con l'applicazione esclusiva delle soluzioni naturali. In tutti gli altri casi, anche per interventi di ridotte dimensioni ma diffusi sul territorio, dovrà comunque essere prevista la

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 28 di 40
		REV. 00

realizzazione di sistemi di drenaggio urbano per l'attenuazione delle rispettive portate di deflusso e, quindi, la riduzione di impatti anche marginali".

Nei successivi paragrafi vengono riportate le verifiche effettuate e le soluzioni progettuali adottate nel presente progetto in osservanza del principio di invarianza idraulica dell'intervento.

5.3.2 Sistema di gestione delle acque meteoriche

5.3.2.1 Principi di funzionamento

Il presente progetto prevede un sistema di gestione delle acque meteoriche delle superfici di nuova realizzazione in osservanza del principio dell'invarianza idraulica;

Il rispetto del concetto di invarianza idraulica presuppone, nelle aree che subiranno una perdita di permeabilità in seguito alle trasformazioni in progetto, la realizzazione di interventi il cui scopo è quello di mantenere invariata la portata superficiale defluente verso l'esterno del sito di intervento. Questo risultato si può ottenere tramite l'infiltrazione nel sottosuolo dei volumi idrici in eccesso, rispetto alle condizioni di ante-operam e/o laminando le portate.

Nel primo caso si opera realizzando sistemi disperdenti nel suolo/sottosuolo (ad es. pozzi o trincee disperdenti), la cui funzione è quella di permettere l'infiltrazione nel sottosuolo dell'acqua che defluisce in superficie durante gli eventi meteorici, mentre nel secondo si agisce prevedendo la realizzazione di vasche di accumulo con organi di sfioro e rilascio controllato della portata entro valori contenuti. Per la verifica del caso di specie si è proceduto mediante le seguenti fasi di analisi:

- calcolo delle precipitazioni di riferimento attraverso le curve di possibilità pluviometrica per un tempo di ritorno uguale a 50 anni (T_R 50);
- determinazione del coefficiente di deflusso ante-operam (AO);
- determinazione del coefficiente di deflusso post-operam (PO);
- calcolo del volume idrico affluente;
- dimensionamento del sistema di raccolta e dispersione nel sottosuolo delle acque meteoriche.


5.3.2.2 Indicazioni generali sulla metodologia adottata per la gestione delle acque meteoriche

La metodologia adottata nel presente progetto per la gestione delle acque meteoriche durante l'esercizio dell'opera prevede la loro raccolta dalla sede tranviaria di nuova realizzazione e il loro smaltimento mediante dispersione nel sottosuolo.

I dettagli costruttivi della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche con indicazione della posizione delle caditoie e delle tubazioni lungo la nuova sede tranviaria, dei pozzetti di raccolta e della trincea drenante sono riportati nella tavola *Impianti di raccolta e drenaggio delle acque meteoriche* (elaborato cod. TT04FAC0FIDRLINT016) del presente progetto.

5.3.2.3 Gestione delle acque meteoriche

La gestione delle acque del nuovo anello di ritorno avverrà mediante la realizzazione di un impianto di raccolta e drenaggio dimensionato in funzione della portata di pioggia critica da trattare. L'intercettazione delle acque meteoriche di pertinenza della nuova sede tranviaria avverrà mediante l'installazione lungo il tracciato in

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 29 di 40
		REV. 00

progetto di caditoie in ghisa sferoidale, disposte trasversalmente rispetto allo sviluppo dell'anello, che verranno collegate mediante una rete di pozzetti e tubazioni anch'esse interrato ad una trincea disperdente opportunamente dimensionata che permetterà l'infiltrazione nel sottosuolo delle acque.

5.3.2.4 *Smaltimento nel sottosuolo mediante trincea disperdente*

Per lo smaltimento nel sottosuolo delle acque provenienti dalla nuova sede tranviaria sarà realizzata una trincea disperdente in ghiaia con lunghezza di 20 m, larghezza alla base di 1,5 m e profondità di 1,0 m avvolta con tessuto non tessuto e con posato alla profondità di circa 0,67 m da p.c. un tubo in PEAD micro-fessurato di diametro 315 mm.

5.3.3 *Attitudine idrogeologica del sito all'infiltrazione di acque meteoriche nel sottosuolo*

Per una valutazione preliminare dell'attitudine idrogeologica del sito all'infiltrazione nel sottosuolo delle acque meteoriche, sono stati analizzati i principali dati territoriali disponibili in letteratura, consultati online sul Geoportale ARPA Piemonte, riguardanti i seguenti parametri idrogeologici caratteristici del territorio e di cui nelle seguenti figure sono riportati gli estratti cartografici in cui è individuata l'ubicazione del sito:

- permeabilità prevalente della Zona Non Saturata (nel seguito "ZNS"; **Figura 14**);
- piezometria e soggiacenza della falda freatica (**Figura 15**);
- spessore dei litotipi impermeabili nella ZNS (**Figura 16**).

Sulla base dei cartografici e geognostici disponibili è possibile affermare che nel sottosuolo del sito di progetto:

- sono presenti sedimenti a granulometria prevalentemente grossolana caratterizzati da un elevato grado di permeabilità ($10^{-5} < k < 10^{-3}$ m/s) e questo rappresenta un fattore positivo per l'infiltrazione efficace delle acque meteoriche nel sottosuolo;
- la soggiacenza della falda freatica è prevista a 4 m da p.c. Tenendo conto dell'oscillazione massima stagionale del livello piezometrico, pari a 1,5-2 m, si ritiene cautelativo assumere nella zona di area verde pubblico su cui insisterà il nuovo anello di ritorno del capolinea, una soggiacenza minima della falda freatica pari a 2 m dalla quota del p.c. attuale;
- non risulta evidente la presenza in sito nella ZNS di corpi lenticolari a bassa permeabilità caratterizzati da elevato spessore e/o continuità laterale.

Sulla base dei disponibili si evince una buona attitudine idrogeologica del sito di intervento all'infiltrazione di acque meteoriche nel sottosuolo.

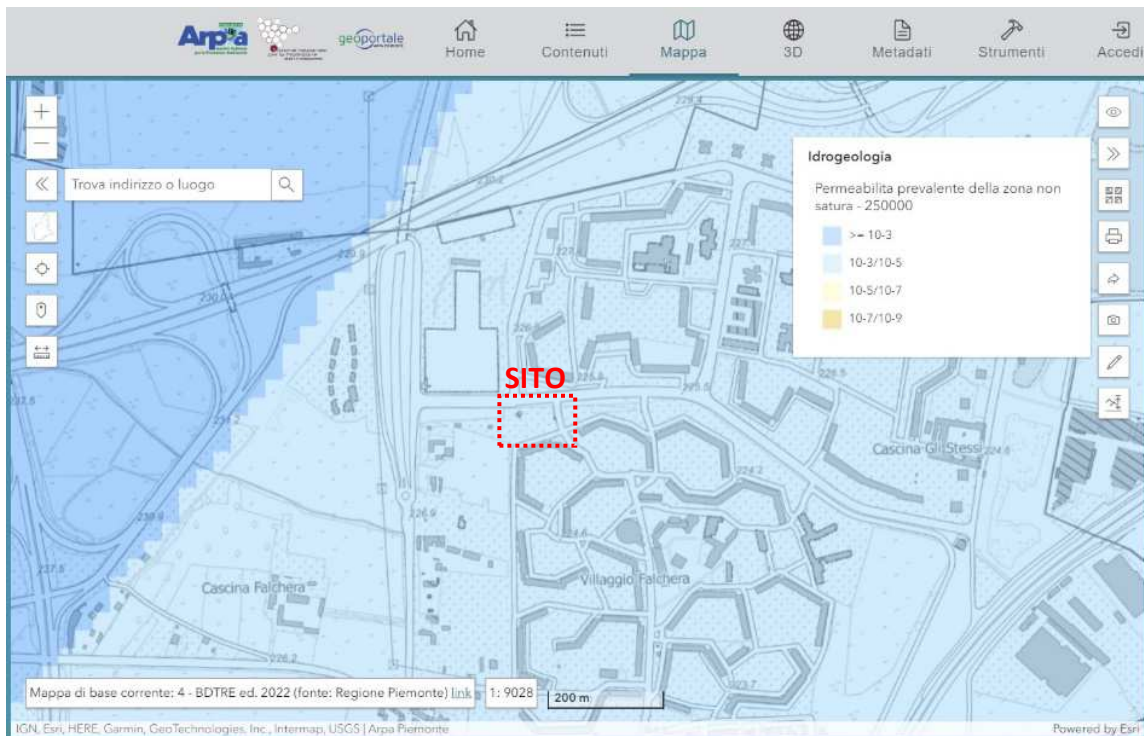


Figura 14 – Permeabilità prevalente della zona non satura (estratto Geoportale ARPA Piemonte).

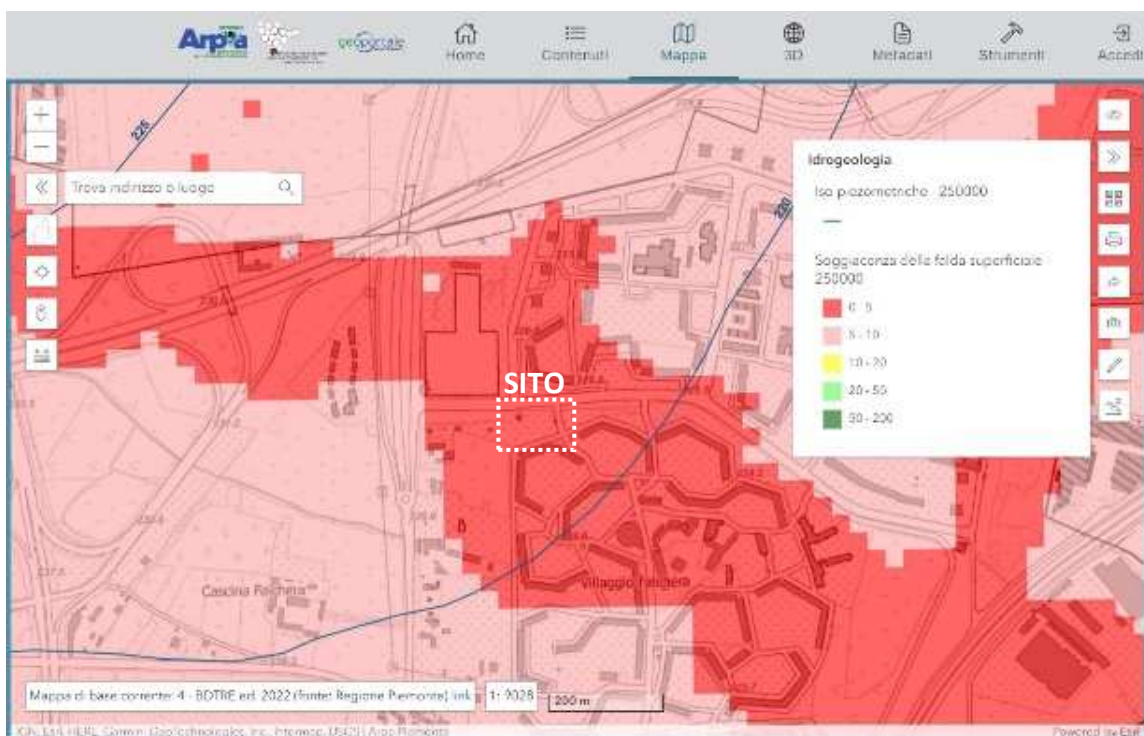


Figura 15 – Soggecozza e piezometria della falda freatica (estratto Geoportale ARPA Piemonte).

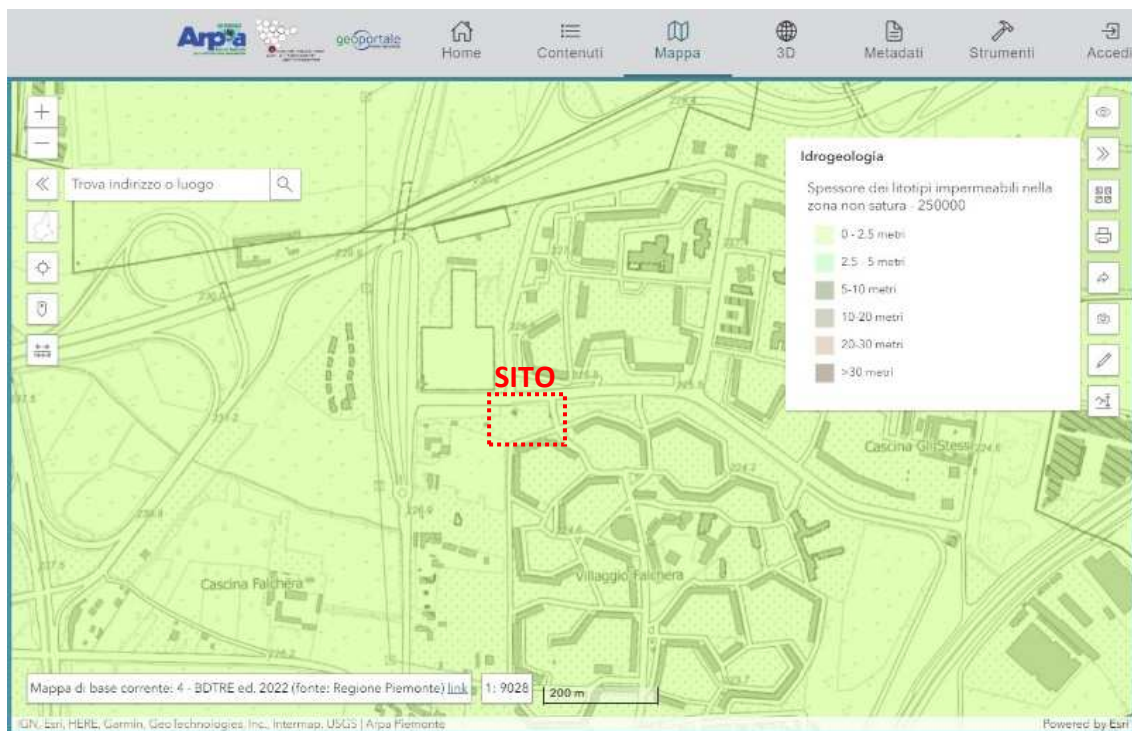


Figura 16 – Spessore dei litotipi impermeabili nella ZNS (estratto Geoportale ARPA Piemonte).

5.3.4 Valutazione del grado di permeabilità superficiale del sito

Ai fini del rispetto del principio dell'invarianza idraulica dell'intervento in progetto si è fatto riferimento a quanto indicato nell'elaborato "DS6 – Disposizioni tecnico-normative in materia di difesa del suolo" del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Torino che al par. 4.1 indica il metodo per il dimensionamento delle opere necessarie a garantire l'invarianza idraulica da parte degli interventi di nuova urbanizzazione o di trasformazione urbana. Il metodo citato prevede un confronto tra la situazione di permeabilità del sito nella condizione di ante-operam (stato di fatto) e di post-operam (stato di progetto) e permette il dimensionamento delle opere idrauliche necessarie a garantire l'invarianza.

La sede tranviaria dell'anello di ritorno del nuovo capolinea in progetto costituirà nel contesto di progetto (post-operam) un elemento impermeabile di nuova realizzazione che insisterà in larga parte su un'area verde, attualmente ricoperta di prato e vegetazione, caratterizzata attualmente da un elevato grado di permeabilità del suolo superficiale. Nell'area verde in questione sono già attualmente presenti alcune superfici completamente impermeabilizzate rappresentate dalle superfici scolanti dei fabbricati di servizio esistenti (cabine elettriche, servizi igienici). Per effettuare una valutazione della riduzione del grado di permeabilità del sito di intervento, come detto ingenerata unicamente dalla realizzazione della nuova sede tranviaria, è stato effettuato un confronto tra la capacità di infiltrazione attuale e futura del sito applicando alle diverse tipologie di superfici i coefficienti di permeabilità (K) caratteristici, desunti dai dati disponibili in letteratura tecnica, in funzione della loro estensione areale. Nella **Figura 17** e **Tabella 6** seguenti sono riportati i risultati grafici e

numerici delle verifiche effettuate dai quali si evidenzia una riduzione della superficie permeabile equivalente del sito pari al 9,5%.




Figura 17 – Configurazione di permeabilità superficiale del sito allo stato di progetto (post-operam).

Tabella 6 – Coefficienti di permeabilità medi ponderati e aree impermeabili equivalenti del sito calcolati allo stato di fatto (ante-operam, AO) e di progetto (post-operam, AO).

TIPOLOGIA DI SUPERFICIE	COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ	STATO DI FATTO (AO)	STATO DI PROGETTO (PO)	DIFFERENZA (PO-AO)
		[m ²]	[m ²]	[m ²]
aree verdi (prato)	0,15	4.188	3.663	-525
aree impermeabili del capolinea attuale (sede tranviaria e banchine esistenti)	0,90	318	318	0
aree impermeabili in aree verdi (cabine elettriche, servizi GTT)	1,00	176	176	0
aree impermeabili del nuovo capolinea (nuova sede tranviaria e banchine in progetto)	1,00	0	525	525
COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ MEDIO PONDERATO		0,233	0,328	-9,53%
AREA IMPERMEABILE EQUIVALENTE		1.090	1.537	40,9%

La normativa vigente non prescrive un volume minimo parametrico da garantire in ogni caso, né una portata massima ammissibile scaricabile nei recapiti finali. Al fine quindi di determinare il corretto dimensionamento dell'opera di dispersione nel sottosuolo delle acque meteoriche provenienti dalle superfici di nuova realizzazione, necessario a garantire il rispetto dell'invarianza idraulica mediante il metodo afflussi-deflussi, si è assunto di calcolare le portate mediante il metodo delle sole piogge, non ritenendo necessario in funzione del limitato impatto dell'intervento in progetto condurre una modellazione idrologica di maggior dettaglio. Tale metodo può considerarsi in ogni caso cautelativo perché trascura gli effetti di laminazione presenti nel bacino considerato.

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 33 di 40
		REV. 00

5.3.5 Calcolo delle portate meteoriche di progetto

Le superfici impermeabilizzate di nuova realizzazione, rappresentate dalla nuova sede tranviaria con sviluppo lineare complessivo di circa 130 m e larghezza pari a 3,6 m e dalle relative banchine di servizio di pari sviluppo lineare e larghezza massima di 1,5 m, ricadono interamente all'interno dell'area di verde pubblico per un'estensione complessiva di 525 m². Il valore del coefficiente di deflusso K caratteristico di tali superfici assunto nel progetto è cautelativamente pari a 1,0; tale valore desunto dalla letteratura tecnica viene considerato rappresentativo di coperture di tetti e/o superfici impermeabili il cui grado di infiltrazione è minimo.

Per la verifica del dimensionamento del sistema di raccolta delle acque meteoriche provenienti dalle nuove aree impermeabilizzate si è proceduto al calcolo del volume di pioggia intercettata dalla nuova sede tranviaria comprendendo nel calcolo le superfici delle banchine di servizio di nuova realizzazione.

Ai fini della verifica dell'invarianza idraulica per il calcolo della portata di progetto è stato considerato un evento piovoso della durata di 1 ora con intensità corrispondente ad un tempo di ritorno di 50 anni e un tempo di corrivazione del sistema di raccolta pari a 10 minuti data il minimo sviluppo e pendenza del tracciato ad anello di nuova realizzazione.

5.3.6 Coefficiente udometrico di progetto

Per il calcolo del coefficiente udometrico di progetto (u) è stata utilizzata la seguente formula razionale:

$$u = \frac{10000}{3600} \Phi \cdot i$$

dove:

- u = coefficiente udometrico di progetto per ettaro di superficie (espresso in l/s ha);
- i = intensità di pioggia oraria (espressa in mm/h);
- Φ = coefficiente di deflusso globale, cautelativamente assunto pari a 1,0 valore corrispondente ad aree impermeabili.

Il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica è stato effettuato su di un evento meteorico con tempo di ritorno pari a 50 anni e durata di 20 minuti. Come si può ricavare dai dati idrologici riportati in precedenza, l'evento di progetto oggetto di verifica è caratterizzato da un'altezza di pioggia (h) su un tempo di ritorno pari a 50 anni ($T = 50$ anni) pari a 44,5 mm in 20 minuti ($h = 44,5$ mm) da cui risulta un'intensità oraria media (i) pari a 133,5 mm/h ($i = 133,5$ mm/h). Tale valore è da ritenersi estremamente cautelativo poiché caratteristico di condizioni meteorologiche estreme. Il coefficiente udometrico per la verifica delle opere di invarianza idraulica di progetto risulta quindi pari a $u = 371$ l/s ha (0,0371 l/s m²).

5.3.7 Verifica della capacità di smaltimento della trincea disperdente

Si riporta di seguito una verifica della capacità di smaltimento della trincea disperdente sulla base delle caratteristiche costruttive, della capacità di infiltrazione del terreno esistente e dell'afflusso idrico proveniente dalla rete di raccolta.

L’impianto di raccolta e drenaggio delle acque meteoriche prevede il recapito finale in una trincea disperdente posizionata in adiacenza alla nuova sede tranviaria, nella parte interna del nuovo anello di ritorno, caratterizzata da uno sviluppo complessivo di lunghezza di 20 m, larghezza alla base pari a 1,5 m e profondità di 1,0 m da p.c. Il fondo della trincea disperdente sarà da realizzare in corrispondenza del terreno grossolano ghiaioso-ciottoloso rinvenuto alla profondità di 1 m da p.c. nel sondaggio P2 eseguito in sito.

La capacità di smaltimento della trincea disperdente in progetto è funzione dalla portata smaltibile per infiltrazione nel sottosuolo che può essere determinata utilizzando la seguente uguaglianza:

$$Q_{inf} = K \cdot A \cdot J$$

dove:

- Q_{inf} = portata di infiltrazione della trincea (m³/s)
- K = permeabilità del terreno in (m/s);
- A = superficie netta di infiltrazione della trincea (m²)
- J = cadente piezometrica (m/m) che può essere approssimata uguale ad 1 nell’ipotesi in cui la superficie filtrante sia trascurabile rispetto all’altezza dello strato filtrante e la superficie piezometrica della falda sia convenientemente al di sotto del fondo disperdente;

La permeabilità K del terreno in cui avverrà la dispersione delle acque è stata definita sulla base dei risultati dei dati disponibili in letteratura e dei risultati delle indagini geognostiche effettuate in sito (sondaggio P2) che hanno rilevato la presenza nel sottosuolo del sito, a partire dalla profondità di circa 1 m da p.c. attuale, di terreno a granulometria grossolana, sciolto, costituito da ghiaia eterometrica sabbiosa con presenza di ciottoli cui sulla base dei dati disponibili può essere associato un valore di permeabilità K indicativo pari a 10⁻³ m/s.

Nella seguente tabella si riporta il calcolo della capacità di smaltimento della trincea disperdente prevista.

Tabella 7 – Portata di infiltrazione della trincea disperdente in progetto.


OPERA	LUNGHEZZA	LARGHEZZA	SUPERFICIE INFILTRANTE NETTA	PORTATA DI INFILTRAZIONE
			A	Q_{inf}
	[m]	[m]	[m ²]	[l/s]
TRINCEA DISPERDENTE	20	1,5	30	30

La portata pluviale affluente alla trincea drenante è determinata in relazione al coefficiente udometrico di progetto (u) associato ad eventi di precipitazione intensa con tempo di ritorno pari a 50 anni e durata di 20 minuti. Il coefficiente udometrico di progetto adottato, calcolato in precedenza, è pari a $u = 371$ l/s ha.

Nella seguente **Tabella 8** si riportano i risultati del calcolo della portata massima pluviale da smaltire mediante la trincea drenante.

Tabella 8 – Portata di progetto affluente alla trincea disperdente.

OPERA	SUPERFICIE SCOLANTE	PORTATA DI PROGETTO
	[m ²]	[l/s]
TRINCEA DISPERDENTE	525	19

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 35 di 40
		REV. 00


Si osserva che la capacità drenante della trincea ($Q_{in} = 30$ l/s) risulta ampiamente superiore rispetto alla portata di progetto affluente durante gli eventi meteorici più intensi (19 l/s), il sistema ha quindi un'adeguata capacità di smaltimento delle acque meteoriche.

Inoltre si evidenzia che la verifica è stata effettuata senza considerare l'effetto di immagazzinamento dell'inerte di riempimento della trincea drenante, il quale aumenta ulteriormente la capacità di smaltimento del sistema.

5.3.8 Manutenibilità del sistema di raccolta e dispersione delle acque meteoriche

Come evidenziato nel precedente paragrafo il sistema proposto risulta dimensionato con un ampio margine di sicurezza e garantisce il corretto funzionamento nel tempo anche nel caso in cui si verifichi una diminuzione della capacità di infiltrazione nel suolo. Inoltre il posizionamento orizzontale della tubazione disperdente permette che, qualora si verificasse la riduzione di permeabilità in alcuni tratti della trincea, le acque raccolte vengano comunque distribuite uniformemente lungo tutta la tubazione senza determinare fenomeni di rigurgito.

Tali accorgimenti limitano il rischio di intasamento del sistema drenante e ne garantiscono il corretto funzionamento nel tempo senza richiedere interventi specifici di manutenzione.

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 36 di 40
		REV. 00

7 CONSUMO DI SUOLO

Come definito nello studio "Monitoraggio Consumo di suolo Regione Piemonte" approvato con D.G.R. n.34-1915 del 27/07/2015 e nella seconda edizione "Il monitoraggio del consumo di suolo in Piemonte 2022" (deliberazione della Giunta regionale n. 2-6683 del 4 aprile 2023), a livello regionale il consumo di suolo deve essere considerato come un processo dinamico che altera la natura di un territorio, passando da condizioni naturali a condizioni artificiali, di cui l'impermeabilizzazione rappresenta l'ultimo stadio. Esso può essere declinato a seconda delle tipologie di uso del suolo che vengono prese in considerazione in:

- *consumo di suolo da superficie infrastrutturata (CSI)*: suolo trasformato per la realizzazione di superfici infrastrutturate a discapito di usi agricoli o naturali;
- *consumo di suolo da superficie urbanizzata (CSU)*: suolo trasformato per la realizzazione di superfici urbanizzate a discapito di usi agricoli o naturali;
- *altri tipi di consumo di suolo*: suolo trasformato, a discapito di usi agricoli o naturali, per lo svolgimento di attività che ne modificano le caratteristiche senza tuttavia esercitare un'azione di impermeabilizzazione (cave, parchi urbani, impianti sportivi e tecnici, impianti fotovoltaici etc.).

Per consentire una valutazione complessiva del fenomeno, tali tipologie possono essere aggregate come segue:

- *consumo di suolo reversibile*: consiste nella somma degli "Altri tipi di consumo di suolo";
- *consumo di suolo irreversibile*: consiste nella somma del "Consumo di suolo da superficie infrastrutturata" e del "Consumo di suolo da superficie urbanizzata";
- *consumo di suolo complessivo*: consiste nella somma del "Consumo di suolo da superficie infrastrutturata", del "Consumo di suolo da superficie urbanizzata" e degli "Altri tipi di consumo di suolo".

In particolare, è stato riconosciuto il consumo di suolo come un processo dinamico dagli effetti ambientali complessi che altera la natura di un territorio, passando da una copertura non artificiale (suolo non consumato) ad una artificiale (suolo consumato), attraverso condizioni di maggiore artificialità, minore reversibilità e progressiva perdita dei servizi ecosistemici che un suolo è in grado di offrire, di cui l'impermeabilizzazione del suolo rappresenta l'ultimo stadio.

Per valutare gli impatti residui dell'intervento sulla componente suolo, è stato redatto un bilancio complessivo, esteso all'intero perimetro di intervento, riportando separatamente le quote di suolo consumato reversibilmente e permanentemente (secondo le classificazioni del Rapporto ISPRA SNPA 08/19), la cui somma equivarrà alla variazione di suolo non consumato. Si assumerà quale condizione ante-operam quella presente prima dell'intervento e quale condizione post-operam quella prevista dall'intervento in progetto.

La valutazione ha tenuto in considerazione, in accordo con le indicazioni del Rapporto ISPRA SNPA 08/19, del suolo consumato reversibilmente individuabile nella fascia di 15x80 m (cfr. Allegato 4 - Verbali di sopralluogo InfraTO della Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica, geotecnica e sismica, elaborato cod. TT04FAC0FGEOGENR010) che si presenta come area non asfaltata adibita a parcheggio, condizione che ha determinato la perdita parziale e reversibile della funzionalità della risorsa suolo.

Sono state individuate n. 5 aree di diversa tipologia a cui sono stati attribuite le definizioni di suolo consumato permanentemente (SCP), suolo consumato reversibilmente (SCR) e suolo non consumato (SNC) calcolando le relative estensioni riportate nella seguente **Tabella 9**.

Tabella 9 – Estensione delle tipologie di aree utilizzate per il calcolo del consumo di suolo.

Area	TIPOLOGIA DI SUPERFICIE	ESTENSIONE	
		[m ²]	[m ²]
		STATO DI FATTO	PROGETTO
Area A	area verde (permeabile)	2.988	3.663
Area B	aree utilizzate (cabine elettriche, servizi GTT)	176	176
Area C	Aree pavimentata del capolinea attuale (sede tranviaria e banchine esistenti)	318	318
Area D	Area complessiva pavimentata del nuovo capolinea (nuova sede tranviaria e banchine)	0	525
Area E	Area non asfaltata adibita a parcheggio	1.200	0
Area Totale	Totale superfici	4.682	4.682

L'area A è considerata SNC, le aree B, C e D sono suolo consumato permanentemente mentre l'area E è considerata, come anticipato in precedenza SCR.

La metodologia elaborata dalla Città di Torino nell'Allegato 1 della DGC 2019-06078/126 prevede inoltre un modello di calcolo per le compensazioni da applicare sia allo stato ante-operam (**Figura 18**) sia al post-operam (**Figura 19**).



Figura 18 – Consumo di suolo allo stato di ante-operam.

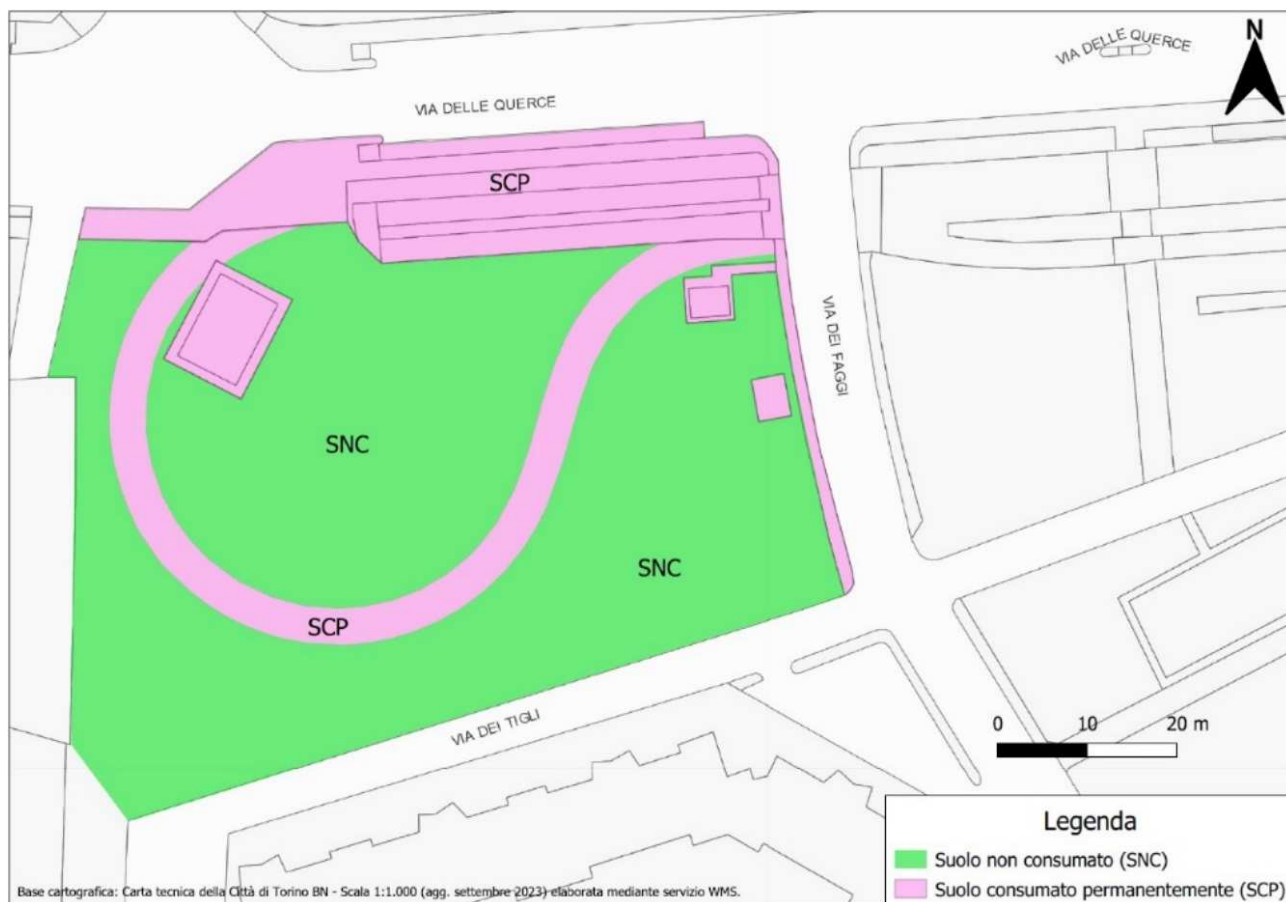



Figura 19 – Consumo di suolo allo stato di post-operam.

Come emerge dalla seguente **Tabella 10**, a fronte di un aumento del suolo consumato, si evidenzia una riduzione del suolo consumato reversibilmente e conseguente aumento di quello consumato permanentemente.

Tabella 10 - Calcolo delle compensazioni del consumo di suolo.

CONSUMO SUOLO				
	Ante	Post	Impatti netti (Post - Ante)	
SCP	494,00	1.019,00	525,00	
SCR	1.200,00	0,00	-1.200,00	
SNC	2.988,00	3.663,00	675,00	
Totale	4.682,00	4.682,00		
A	30,86 €			
B	18,97 €			
C	11,89 €			
	<i>Consumo di suolo netto almeno pari a zero</i>	<i>No incremento degli impatti non reversibili (Caso 2 → se $\Delta SNC \leq 0$)</i>	<i>No incremento degli impatti non reversibili (Caso 2 → se $\Delta SNC > 0$)</i>	
Caso 2	Non si ricade in questa casistica	Non si ricade in questa casistica	6242,25	

Per compensare il consumo di suolo derivante dall'intervento, secondo la metodologia elaborata dalla Città di Torino, risulta un valore economico di **€ 6.242,25**.

	MODIFICA CAPOLINEA LINEA 4 FALCHERA CON ANELLO DI RITORNO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 39 di 40
		REV. 00

La mitigazione relativa al consumo di suolo prevista dal progetto è lungo tutta la sede dell'infrastruttura tranviaria stessa e consiste nella soluzione con posa di prato armato quale misura mitigativa in accordo con il Piano di Resilienza climatica della Città di Torino.

Tale soluzione tecnica, oltre a preservare il manto erboso di rivestimento dallo stress eccessivo, prevede la posa di prodotti in materiale plastico o con blocchi in calcestruzzo posati su sottofondo naturale e drenante che permettono una corretta ripartizione del carico, garantendo la naturalità del terreno e i conseguenti benefici in termini di drenaggio naturale delle acque e di riduzione delle temperature locali.

8 CONCLUSIONI

La presente relazione idrologica e idraulica è stata realizzata a supporto del progetto di modifica del capolinea nord della Linea 4 tranviaria la cui realizzazione è compresa nell'ambito degli interventi di potenziamento, ampliamento e adeguamento della rete tranviaria della Città di Torino.

Sulla base di quanto emerso dalla caratterizzazione idrologica e idraulica dell'area di studio effettuata utilizzando i risultati delle indagini geognostiche e dati di pregressi e di letteratura disponibili, è possibile esprimere un giudizio di soddisfacente compatibilità dell'intervento in progetto.

L'area che sarà interessata dalla realizzazione dell'opera in oggetto non presenta allo stato attuale gravose problematiche per quanto riguarda gli aspetti di pericolosità idrologica e idraulica, intesi nel senso di rischio idraulico di inondazione e/o allagamento. L'unico fattore di pericolosità idraulica individuato per l'area in esame è rappresentato dalla presenza di una scarpata morfologica parzialmente interessata dalla realizzazione del nuovo capolinea cui negli strumenti urbanistici vigenti della Città di Torino è associata una fascia di rispetto di ampiezza pari a 10 m dal piede della stessa, potenzialmente interessabile da processi di dissesto lineari ad alta intensità. L'intervento in progetto prevede la realizzazione di opere idrauliche in grado di garantire un'adeguata gestione delle acque meteoriche e non costituirà un elemento significativo di alterazione dell'attuale sistema di drenaggio superficiale. La potenziale pericolosità segnalata dagli strumenti urbanistici della Città di Torino potrà essere mitigata mediante un adeguato inerbimento della scarpata a conclusione dei lavori e mediante la realizzazione del sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche dimensionato e verificato nel presente progetto.

In conclusione la realizzazione dell'intervento in progetto non altera né compromette la sicurezza idraulica dell'area urbana e l'esposizione al rischio idrogeologico a causa dell'aumento delle superfici impermeabilizzate della nuova sede tranviaria, al contrario la sua realizzazione comporterà un aumento della resilienza rispetto alle piogge intense attraverso la realizzazione di sistemi di drenaggio urbano sostenibile.