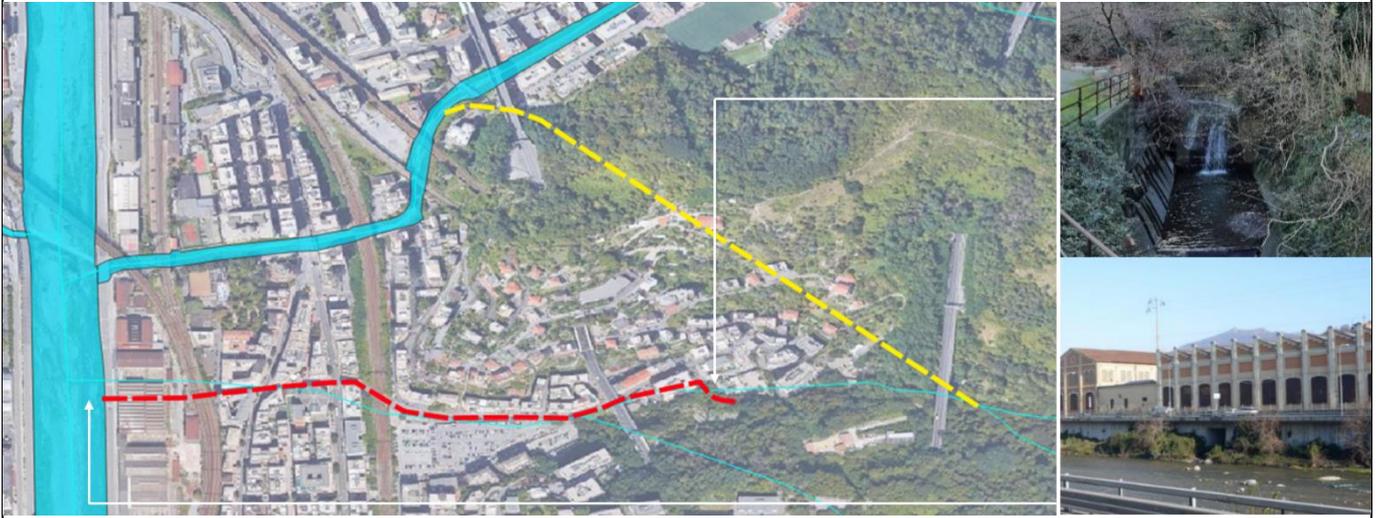




COMUNE DI GENOVA



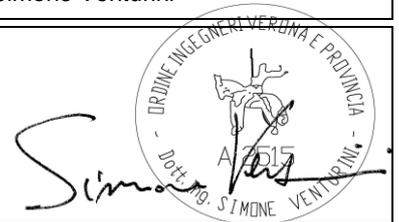
Servizio di Progettazione di Fattibilità Tecnica ed Economica e definitiva (per appalto integrato) nonché del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione delle “Opere di adeguamento idraulico del tratto tombinato di valle del rio Maltempo, affluente del torrente Polcevera” PROGETTO DEFINITIVO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Arch. Roberto Valcalda

PROGETTAZIONE:	MANDATARIA: 	MANDANTE: Dott.ssa Claudia Pizzinato
----------------	-----------------	---

RESPONSABILE DELLE INTEGRAZIONI DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: Ing. Simone Venturini

TITOLO: GEOLOGIA RELAZIONE IDROGEOLOGICA



CODICE ESTESO ELABORATO: II151F-PD-GEO-R002_0	SCALA: -	DATA: 11/2022
		NOME FILE: II151F-PD-GEO-R002_0.docx

ELABORAZIONE PROGETTUALE: Ing. SIMONE VENTURINI Ordine degli ingegneri Della Provincia di Verona N. A2515	REVISIONI					
	REV.	DATA	MOTIVO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
	0	11.2022	Emissione	E.FRESIA	G.MASSERA	S.VENTURINI



INDICE

	Pag.
1. PREMESSA	3
2. OGGETTO E SCOPO	4
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	6
5. IDROGEOLOGIA	18
6. INDAGINI GEOGNOSTICHE	27
6.1 Indagini pregresse	27
6.1.1 Progetto esecutivo del Viadotto Polcevera	27
6.1.2 Progetto definitivo del nodo autostradale di Genova	27
6.1.3 Geoportale Regionale	28
6.2 Indagini geognostiche di progetto	30
6.2.1 Rilievi geologici di campagna	30
6.2.2 Sondaggi a carotaggio continuo	32
6.2.3 Geofisica	36
6.2.4 Pozzetti esplorativi	37
7. CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO	41
8. INTERAZIONI OPERE TERRENI	43
8.1 Effetti delle opere sulla falda del Torbella	43
8.2 Effetti dei lavori sulla ricarica della falda del Torbella	47
8.3 Effetti dei lavori sulla qualità delle acque della falda del Torbella	48
9. CONCLUSIONI	50



INDICE DELLE FIGURE

	Pag.
Figura 1-1: Bacino del Torbella (in rosa), del Maltempo naturale (in verde) e urbanizzato (in giallo). La freccia indica qualitativamente la nuova galleria scolmatrice	3
Figura 4.1 PSAI carta dei vincoli. La galleria idraulica è rappresentata con una linea tratteggiata.....	7
Figura 4.2 Stralcio carta geologica d'Italia Foglio 213-230 Genova con evidenza del tracciato di progetto. In rosso la galleria ed in blu il tratto lungo il Torrente Torbella	8
Figura 4.3 Legenda Foglio Genova della carta geologica d'Italia.....	9
Figura 4.4 PUC. Carta geologica. La galleria idraulica è rappresentata con una linea tratteggiata di colore nero, il tratto all'aperto lungo il Torbella con una linea tratteggiata blu	10
Figura 4.5 Stralcio carta delle fasce di inondabilità del tratto compreso fra Torbella, Maltempo e Polcevera	15
Figura 4.6 PSAI Carta della franosità reale e legenda. La galleria idraulica è rappresentata con una linea tratteggiata	16
Figura 4.7 Posizione approssimativa della discarica non autorizzata lungo Via Piombelli a valle del viadotto autostradale. In rosso il tracciato della galleria idraulica.....	17
Figura 5.1 PUC. Carta idrogeologica. La galleria idraulica è rappresentata con una linea continua, il tratto d'intervento lungo il Torbella con una linea tratteggiata	21
Figura 5.2 Ubicazione pozzi esistenti lungo il Polcevera nell'intorno della confluenza con il Torbella	21
Figura 5.3 Ubicazione pozzi IREN Acque alla confluenza fra Torbella e Polcevera. Dettaglio dell'immagine precedente	22
Figura 5.4 PSAI. Carta idrogeologica e legenda. La galleria idraulica è rappresentata con una linea tratteggiata	23
Figura 5.5 PUC. Carta dei vincoli. La galleria idraulica è rappresentata con una linea continua, l'intervento lungo il Torbella con una linea tratteggiata	24
Figura 5.6 Stralcio carta idrogeologica. La freccia indica la direzione di deflusso delle acque sotterranee	26
Figura 5.7 Legenda carta idrogeologica di progetto	26
Figura 6.1 Stralcio Carta indagini geognostiche della Liguria (fonte: geoportale regionale) con ubicazione dei sondaggi disponibili. La linea tratteggiata rossa rappresenta il tracciato della galleria idraulica.....	29
Figura 6.2 A sinistra argilliti con struttura fissile e noduli di quarzo affioranti in asse galleria. A destra argilliti lungo la sponda destra del Rio Maltempo in zona opera di presa	31
Figura 6.3 Alveo del Torrente Torbella a valle dello sbocco della galleria idraulica con materiale granulare grossolano.....	32
Figura 6.4 Ubicazione sondaggi anno 2022	33
Figura 6.5 Scarico della fognatura in sponda destra del Torbella all'altezza della confluenza con il Polcevera	38
Figura 6.6 Ubicazione pozzetti e numerazione dei ponti elencati in questo documento	39
Figura 7.1 Corografia generale del progetto.....	41
Figura 8.1 Profilo geologico galleria naturale e scatolare di collegamento	45
Figura 8.2 Profilo geologico lungo l'alveo del Torbella fra l'opera di restituzione e il Polcevera	46
Figura 8.3 Sezioni tipo A e B lungo il corso del torrente Torbella.....	47
Figura 8.4 Interventi di consolidamento e muri ad U sul viadotto ferroviario a fine intervento	Errore. Il segnalibro non è definito.



1. PREMESSA

Il Comune di Genova ha affidato alla Scrivente la Progettazione Definitiva delle “Opere di adeguamento idraulico del tratto tombinato di valle del rio Maltempo, affluente del torrente Polcevera”. Una delle soluzioni che hanno mostrato più interesse della Stazione Appaltante è stata quella che consentirebbe la risoluzione delle criticità idrauliche del rio Maltempo tramite la realizzazione di una galleria scolmatrice, la quale raccoglierebbe tutte le acque provenienti dalla parte non antropizzata e di monte del bacino, collettandole nel tratto terminale del t. Torbella.

Dal momento che tale corso d’acqua soffre già di per sé di problematiche di insufficienza idraulica delle sponde, nell’ambito del presente progetto viene studiato un intervento di sistemazione idraulica dello stesso, data la previsione dell’incremento della portata di progetto a causa dell’immissione della galleria scolmatrice. Tale intervento si basa sull’abbassamento e riprofilatura del fondo dell’alveo del t. Torbella, aumentandone la pendenza media di questo tratto in modo da eliminarne la tendenza al sovralluvionamento sulla base di un’analisi che valuta anche gli effetti che la nuova configurazione determina sul trasporto solido. Inoltre, per risolvere criticità locali dovute all’effetto di rigurgito a monte di ponti con pila centrale in alveo, si prevede contestualmente la sostituzione di alcune opere che è possibile ricostruire con un’unica campata e senza disturbare il deflusso delle portate in alveo. In questo modo, risulterebbe possibile, dunque, contenere nell’alveo la portata di progetto incrementata dalla galleria scolmatrice del rio Maltempo.

La risoluzione delle criticità idrauliche del rio Maltempo per mezzo della realizzazione della galleria scolmatrice e la verifica che un adeguato intervento di sistemazione idraulica risolva le criticità anche del t. Torbella consentirebbe di prevedere interventi locali e poco invasivi per adeguare idraulicamente il tratto tombato di valle del rio Maltempo, il quale sarebbe sgravato delle portate prodotte nella parte di monte del bacino e sarebbe in grado di far defluire la portata di progetto prodotta in quello di valle.

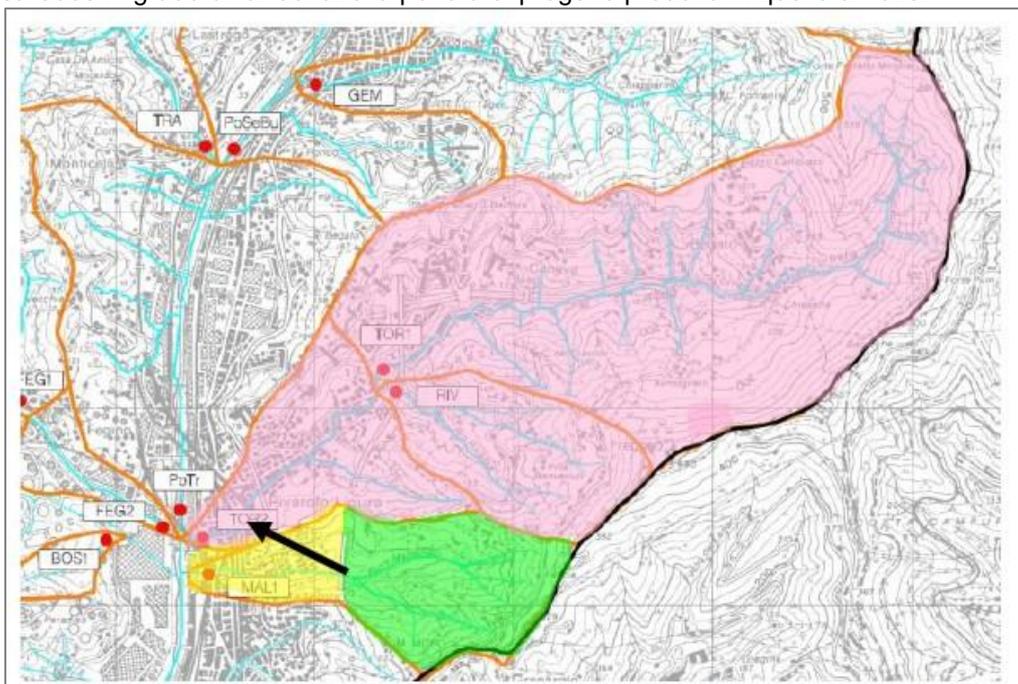


Figura 1-1: Bacino del Torbella (in rosa), del Maltempo naturale (in verde) e urbanizzato (in giallo). La freccia indica qualitativamente la nuova galleria scolmatrice



2. OGGETTO E SCOPO

Il presente documento costituisce la relazione idrogeologica redatta in riscontro al procedimento di verifica di assoggettabilità alla VIA di cui al protocollo 2022-1116790 del 05/10/2022 (numero atto 6122-2022) della Regione Liguria – Giunta Regionale. Risponde in particolare a quanto richiesto con la prescrizione n° 4 che recita testualmente *“vengano evitati impatti negativi sui pozzi esistenti alla confluenza fra il Torbella ed il Polcevera: pertanto, in fase di progettazione definitiva, dovrà essere predisposta una relazione idrogeologica che verifichi che i lavori in alveo non influiscano sul livello di ricarica dei pozzi esistenti né sulla qualità dell’acqua”*.

Ciò premesso oggetto del lavoro è la descrizione delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni con particolare riferimento per la possibile interazione fra i lavori ed i pozzi ad uso idropotabile gestiti da IREN Acque e ubicati in zona Piazzale Guerra, circa alla confluenza fra il Torrente Torbella e il Polcevera.

Scopo del lavoro è ottemperare alla prescrizione n° 4 formulata in sede di verifica di assoggettabilità alla VIA verificando, come sopra esposto, l’interazione fra i lavori e il livello sia qualitativo che quantitativo delle acque emunte.

Il quadro informativo disponibile illustrato nel testo si completa con la relazione geologica, risultati delle indagini geognostiche e gli elaborati grafici allegati al progetto (planimetria ubicazione indagini, carta geologica, carta geomorfologica, carta idrogeologica, profili geologici) cui si rimanda per maggiori dettagli.



3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (11 marzo 1988) "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998).
- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione". (Pres. Cons. Superiore — Servizio Tecnico Centrale).
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (ordinanza n. 3274 – Allegati 1, 2 e 3);
- Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14/01/2008 pubblicate sulla G.U. n° 29 del 04.02.2008.
- Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 14/01/2008. Circolare 02/02/2009 n° 617 C.S.LL.PP.
- Piano di Tutela delle Acque (PTU) della Regione Liguria approvato con Delibera 11 del 29/03/2016.
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018 pubblicate sulla G.U. del 20.02.2018.
- Circolare 21/01/2019 n 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/01/2018.



4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in studio ricade nella porzione occidentale della città di Genova in corrispondenza del quartiere di Rivarolo, in sinistra idrografica del torrente Polcevera.

La morfologia generale è collinare, tipica del genovese. Nell'ambito del sedime in studio la collina è interrotta al piede dall'ampia spinata alluvionale del torrente Polcevera, larga in questo tratto fino a 900 m, avente orientazione circa nord sud ed il cui corso è regimato e delimitato da argini artificiali.

I rilievi collinari sono solcati dagli affluenti dello stesso torrente Polcevera, che nell'ambito dell'area di intervento sono il Rio Maltempo e il Torrente Torbella, entrambi aventi direzione circa E-W o NE-SW e posti in sinistra idrografica. Ad eccezione del Polcevera sono corsi d'acqua a carattere torrentizio con regime non permanente.

Il Rio Maltempo ha un bacino sotteso di poco inferiore a 1 Km² e si compone di due rami denominati Maltempo 1 e Maltempo 2. Nel tratto a monte l'alveo si presenta fortemente inciso con versanti dalle pendenze mediamente elevate avvolti da una fitta vegetazione naturale. Nella parte inferiore, dalla confluenza con il Polcevera verso monte per circa 600 m, ovvero circa sino al viadotto autostradale della A7, l'alveo è tombato ed il suo sedime estesamente urbanizzato ed occupato da infrastrutture ferroviarie e stradali, oltre che da alcuni fabbricati civili.

Il Torrente Torbella planimetricamente presenta alternanza di tratti rettilinei e curve con raggio molto ridotto; la sezione è parzializzata e confinata da progressivi interventi antropici (edifici, piazzali a destinazione civile ed industriale, parcheggi, assi viari). Inoltre, specie lungo il tratto in studio, sono presenti numerosi ponti stradali, ferroviari e passerelle pedonali di attraversamento, alcuni a campata unica ed altri con pila centrale in asse alveo. L'alveo inciso si presenta canalizzato essendo confinato fra sponde in muratura pressochè continue

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare (IGM) l'area in studio ricade nella tavoletta 82-II-NE in scala 1:25.000 "Sestri Ponente". Nella Carta Tecnica Regionale (CTR) della Liguria in scala 1:10.000 ricade nel foglio 213150.

Dalla **carta dei vincoli** allegata al PSAI di figura 4.1 risulta che la galleria idraulica si sviluppa in corrispondenza di aree sottoposte a vincolo idrogeologico. Esenti da vincoli sono le aree pianeggianti entro e nell'intorno del Torrente Torbella a valle dello sbocco della galleria idraulica.

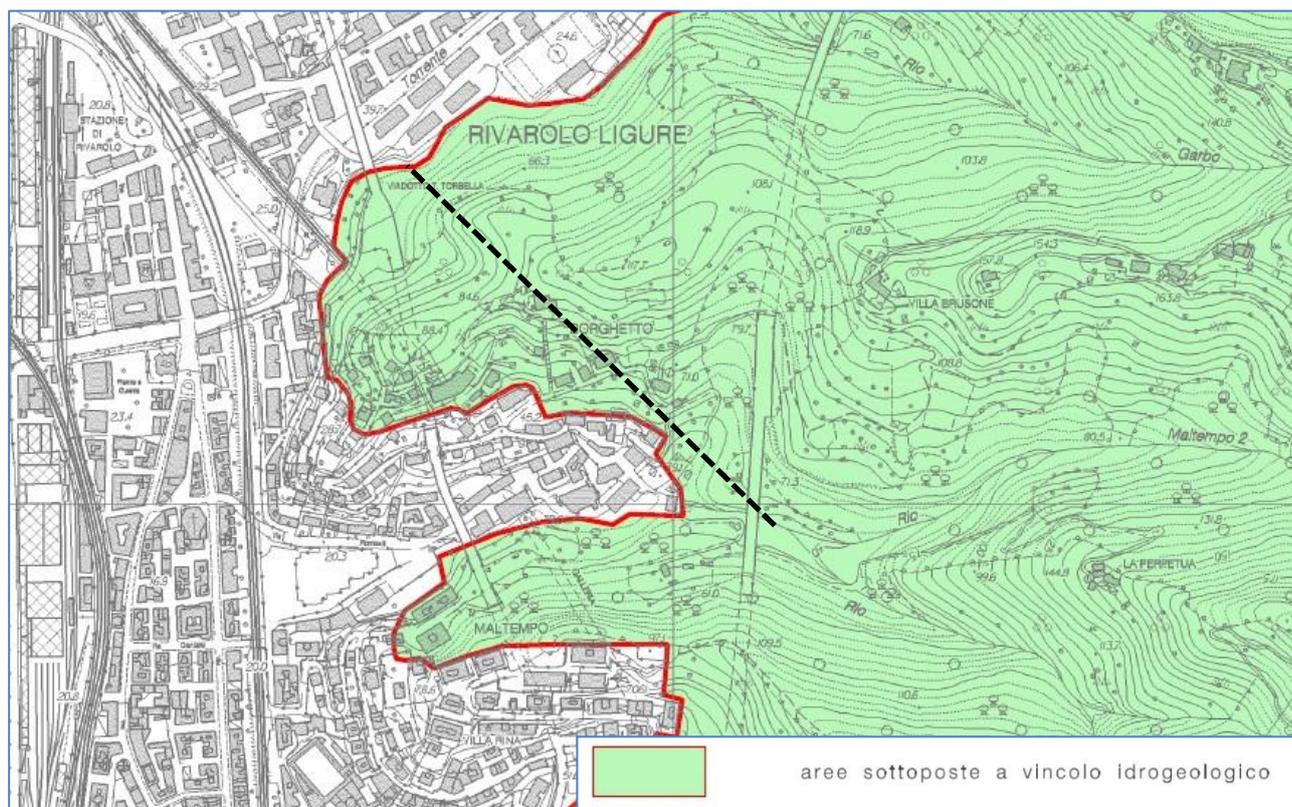


Figura 4.1 PSAI carta dei vincoli. La galleria idraulica è rappresentata con una linea tratteggiata

Dal punto di vista geologico gli studi effettuati hanno permesso di individuare differenti unità geologiche i cui limiti sono stati dedotti dalla nutrita ed ottima documentazione bibliografica, rilievi geologici di campagna e risultati di indagini geognostiche.

Nel progetto e per quanto possibile si è mantenuta la nomenclatura riportata nel foglio 213-230 "Genova" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 edita dall'ISPRA (Capponi & Crispini, 2008) di cui si riporta uno stralcio in figura 4.2, nonché nel Foglio 27 della Carta Geologica del PUC del Comune di Genova in scala 1:10.000 di cui uno stralcio in figura 4.3.

La stratigrafia viene descritta secondo dai termini più antichi a quelli più recenti facendo esplicito riferimento ai terreni che direttamente interessano le opere in studio.

Le unità di substrato presenti in sinistra idrografica del torrente Polcevera e nell'intorno del sedime di progetto sono Flysch in facies torbiditica riferibili al Dominio Ligure con grado metamorfico basso o bassissimo. Secondo bibliografia vengono distinte:

- Unità tettonica di Antola;
- Unità tettonica di Ronco;
- Unità tettonica di Montanesi;
- Unità tettonica di Mignanego.

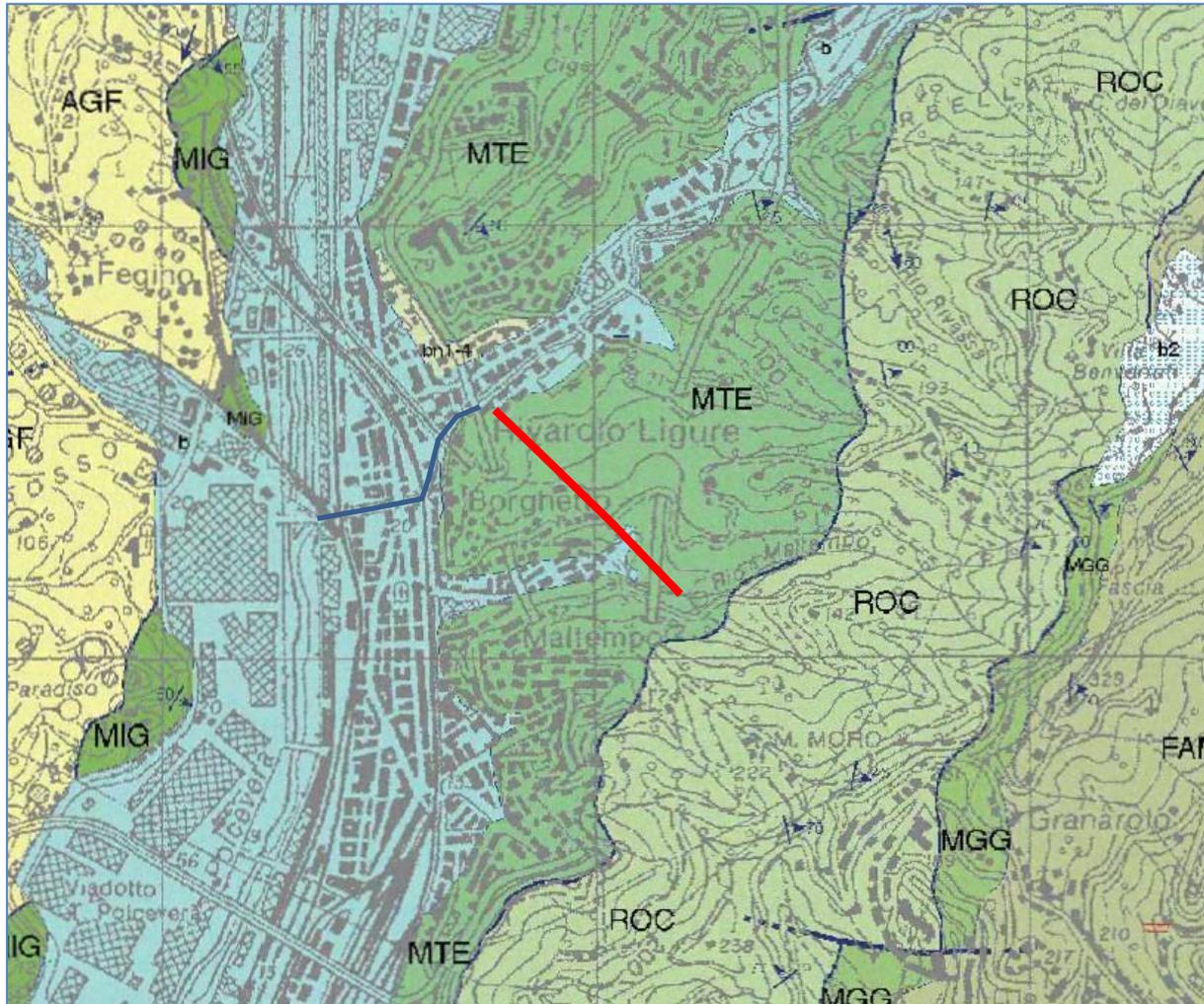


Figura 4.2 Stralcio carta geologica d'Italia Foglio 213-230 Genova con evidenza del tracciato di progetto. In rosso la galleria ed in blu il tratto lungo il Torrente Torbella

Depositi quaternari	
a ₁	depositi di frana Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico. Frane attive. OLOCENE
	Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico. Frane quiescenti e stabilizzate. OLOCENE
b ₂	coltri eluvio - colluviali Coperture detritiche costituite da clasti eterometrici, a matrice sabbioso-limoso, talora pedogenizzate, sviluppatasi <i>in situ</i> a spese del substrato, spesso con inglobati elementi grossolani a volte mobilizzati da processi di versante. OLOCENE
b	depositi alluvionali in evoluzione Depositi ghiaiosi, spesso con blocchi e/o materiali fini, che costituiscono gli alvei attuali dei corsi d'acqua e le aree adiacenti; verso la foce raggiungono spessori considerevoli. OLOCENE
b _{n1-4}	depositi alluvionali terrazzati Depositi ghiaiosi e subordinati depositi sabbiosi posti a quote più elevate rispetto agli alvei attuali, coperti da una coltre colluviale, spesso volte pedogenizzata, di spessore variabile. PLEISTOCENE - OLOCENE

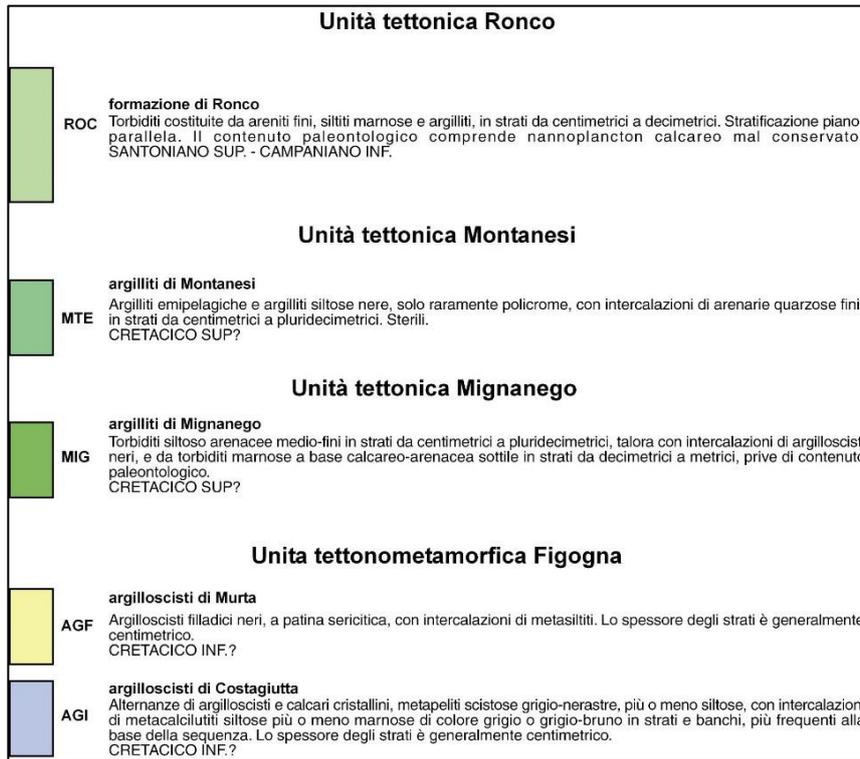


Figura 4.3 Legenda Foglio Genova della carta geologica d'Italia

c_9969 - Comune di Genova - Prot. 22/11/2022.0445245.E

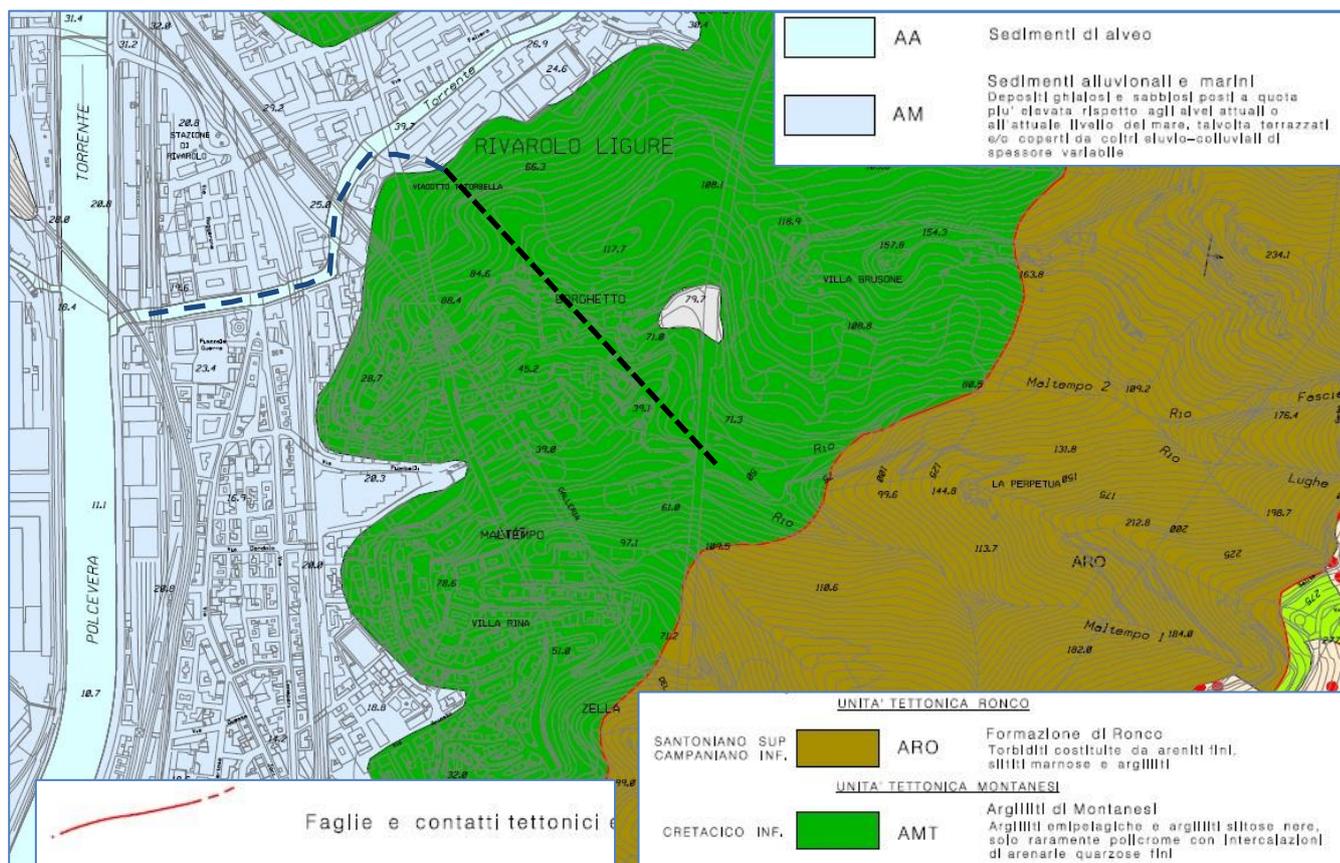


Figura 4.4 PUC. Carta geologica. La galleria idraulica è rappresentata con una linea tratteggiata di colore nero, il tratto all'aperto lungo il Torbella con una linea tratteggiata blu

Il Flysch dell'Antola affiora estesamente nell'area cittadina ma non nel sedime in studio o sue prossimità, per cui non viene fornita la relativa descrizione.

L'Unità tettonica Ronco affiora nella dorsale che da Sampierdarena sale verso Fregoso ed è geometricamente compresa fra l'Unità Montanesi al letto e l'Unità Antola al tetto. Comprende la sola formazione di Ronco ed è attribuibile al Dominio Ligure Interno. E' delimitata da contatti tettonici (thrust) al tetto ed a letto ed ha geometria complessivamente tabulare con immersione verso Est. Le giaciture, mediamente orientate verso Est, paiono maggiormente disturbate in una fascia centrale tra la cresta e il fondovalle a partire da Fregoso verso Sud. Si evidenziano pieghe di ampiezza compresa tra decine e centinaia di metri, con assi orientati grossomodo NE-SW e orizzonti fortemente disturbati da pieghe metriche e decimetriche. Oltre alle pieghe ad ampio raggio si osservano, in vicinanza di faglie e del thrust dell'Unità Antola, pieghe strizzate, generalmente con nucleo siltitico od argillitico.

La **formazione di Ronco** (ROC. Santoniano Sup. - Campaniano Inf) è caratterizzata da un metamorfismo di anchizona e consiste in torbiditi composte da alternanze di siltiti marnose, areniti fini ed argilliti, in strati da centimetrici a decimetrici. Lo spessore, difficilmente quantificabile a causa delle pieghe sovrapposte; è ipotizzato da Marini (1998) tra 250 e 350 m, mentre Ellero (2000) riporta uno spessore apparente di circa 2.000 m. La stratificazione è piano-parallela con sequenze incomplete. I meccanismi deposizionali più probabili sono torbiditi a bassa densità in cui prevalgono processi di trazione e decantazione. L'ambiente



di formazione è attribuibile a una piana di bacino sovralimentata e/o a una frangia di conoide (Mutti & Ricci Lucchi, 1975). A causa delle estese coperture la Formazione di Ronco affiora diffusamente ma per piccole estensioni. I disturbi sono maggiori nella porzione medio-bassa dell'unità, a contatto con la Formazione di Montanesi, dove il rapporto tra gli strati arenitici e le intercalazioni pelitiche può oscillare tra 1:1 ed 1:2. Nella parte medio-alta, caratterizzata da strati decisamente più massicci con interstrati pelitici sottili, i disturbi sono meno evidenti e la clastesi è concentrata in fasce più ristrette.

Questa unità non interessa direttamente i lavori affiorando nella porzione più elevata del bacino idrografico del torrente Maltempo.

L'Unità tettonica Montanesi affiora estesamente lungo il versante in sinistra idraulica del torrente Polcevera, dal fondovalle fino al contatto tettonico con l'Unità tettonica Ronco. Il limite superiore non è mai direttamente osservabile ma si assiste ad un progressivo incremento del grado di disturbo tettonico (scompaginazione degli strati e clastesi). Il limite inferiore con l'Unità tettonica Mignanego, anch'esso tettonico, non è visibile poiché coperto dalle alluvioni di fondovalle del Polcevera.

Comprende la sola **formazione delle Argilliti di Montanesi** (MTE. Cenomaniano-Turoniano – Cretaceo inf) ed è attribuibile al Dominio Ligure Interno Le Argilliti di Montanesi consistono in torbiditi a metamorfismo di anchizona costituite da argilliti emipelagiche e argilliti siltose nere, solo raramente policrome, in strati da centimetrici a pluri-decimetrici, con subordinate intercalazioni di arenarie siltose fini laminate, grigie, di spessore da centimetrico a pluri-centimetrico. Il rapporto arenaria/pelite è mediamente pari a 1:10. Sono presenti numerose vene di quarzo di spessore centimetrico. Le superfici di laminazione sono lisce, con ossidazione superficiale e sviluppo di patine limoso-argillose. La stratificazione raramente appare poco disturbata, e dove questo si verifica le giaciture sono vergenti mediamente verso Est. Localmente si osserva una pseudo-stratificazione indotta da pieghe isoclinali strizzate a piccolo raggio con interruzione della continuità degli strati arenacei, sempre con immersione verso i quadranti orientali e vergenza mediamente verso Ovest; tali strutture potrebbero essere indotte da fenomeni di trascinamento legati a piani di thrust sub- paralleli alla stratificazione. La foliazione suddivide l'ammasso in lithons di aspetto scaglioso interessati da fenomeni di pedogenesi fino a 5-6 m di profondità. A causa di un diffuso slaty cleavage le rocce presentano una marcata fissilità. Come per altre formazioni polideformate lo spessore reale non è quantificabile oggettivamente: Ellero (2000) stima uno spessore apparente di circa 1.800 m.

Dai rilievi di campo condotti lungo lo sviluppo della galleria idraulica e in sinistra Polcevera la formazione risulta costituita per la quasi totalità da argilliti nere interessate da condizioni di metamorfismo di basso grado, solo a luoghi leggermente siltose, con frequenti patine ferromanganesifere. La caratteristica più appariscente è data da una fissilità spinta, dovuta ad una diffusa scistosità di tipo lastroide, che di fatto riduce la roccia in lastre lucenti e tenaci. In seno alla formazione sono individuabili tre litozone distinte per il diverso tipo di intercalazioni che si sovrappongono stratigraficamente fra loro con passaggi sfumati:

- prima litozona: argilliti con intercalazioni torbiditiche di spessore da sottile a medio con calcari, marne e calcari arenacei.
- seconda e più diffusa litozona: argilliti con intercalazioni torbiditiche da sottili a medie formate da uno strato arenaceo e un intervallo siltoso;
- terza litozona diffusa verso il tetto costituita da argilliti esclusive o argilliti e siltiti. Contiene argilliti varicolori grigio verdi o rosso vinaccia e grugni o lenti di brecciole



Sulla base della documentazione bibliografica, dei rilievi in sito e delle indagini disponibili il progetto prevede che l'intera galleria di derivazione idraulica, unitamente all'opera di presa, si svilupperà nelle argilliti di Montanesi appartenenti alla seconda litozona. Costituisce inoltre il substrato in posto sul quale poggiano le alluvioni del T. Torbella.

L'Unità tettonica Mignanego affiora in lembi discontinui in destra idrografica del torrente Polcevera a buona distanza quindi rispetto ai lavori. Il limite superiore con l'Unità di Montanesi è eroso e in buona parte coperto dalle alluvioni di fondovalle, mentre il limite inferiore con l'Unità tettonometamorfica Figogna è localmente visibile e si presenta come un contatto tettonico distribuito su più superfici di frizione entro le Argilliti di Mignanego stesse. Comprende la sola formazione delle Argilliti di Mignanego ed è attribuibile al Dominio Ligure Interno.

Le **Argilliti di Mignanego** (MIG. Turoniano-Santoniano - Cretaceo inf) consistono di torbiditi a metamorfismo di anchizona costituite da siltiti arenacee medio-fini in strati da centimetrici a pluridecimetrici, talora con intercalazioni di argilloscisti neri, e da torbiditi marnose a base calcareo-arenacea sottile in strati da decimetrici a metrici. Gli orizzonti arenacei conservano tracce di figure di erosione alla base. Sono presenti pieghe a piccolo raggio con asse parallelo ai piani di clivaggio. Il rapporto arenarie/siltiti è pari a 1:2. Nella parte a quota più elevata si osservano soprattutto pieghe asimmetriche a vergenza occidentale, a scala decimetrica, che fanno ipotizzare il proseguimento dello stile strutturale individuato in sinistra idrografica della Val Polcevera.. Lo spessore della formazione non dovrebbe superare i 300 m anche se le deformazioni polifasiche rendono del tutto ipotetica la stima degli spessori originali; Ellero (2000) ipotizza uno spessore apparente di circa 1.500 m. Questa unità non è interessata in alcun modo dai lavori e la sua descrizione è fornita solo ai fini di un più completo inquadramento geologico.

L'unità tettonica Figogna affiora in destra Polcevera su una fascia allungata in direzione nord-sud che va dalla costa all'altezza di Cornigliano sino al monte Figogna. Tale andamento meridiano ricalca quello della cosiddetta zona Sestri-Voltaggio, in cui classicamente vengono riunite l'Unità del Monte Figogna, l'Unità Cravasco-Voltaggio e l'Unità Gazzo-Isoverde. E' costituita da un basamento metaofiolitico e relativa copertura metasedimentaria. La successione tipo dell'Unità Figogna presenta alcuni caratteri peculiari rispetto alle sequenze di crosta oceanica delle altre unità. Nei basalti, generalmente con giacitura a pillow, sono peculiari livelli di ialoclastiti e di brecce, più o meno rimaneggiate, e filoni di basalto e di dioriti. Le rocce gabbriche, generalmente ben rappresentate nelle altre unità, sono limitate ad un affioramento volumetricamente molto ridotto. Come per le argilliti di Mignasego questa unità non è interessata in alcun modo dai lavori e la sua seppur breve descrizione è riportata unicamente ai fini di un più completo inquadramento geologico.

Sulle unità del substrato poggiano depositi di copertura quaternari costituiti da:

- depositi d'alveo attuale (AA);
- depositi alluvionali e marini (AM);
- coltri eluvio-colluviali (CD);
- riporti, aree fortemente antropizzate e discariche (R).



Depositi d'alveo attuali del torrente Polcevera e del Torrente Torbella (Olocene -Attuale) sono composti da ciottoli anche grossolani, ghiaie poligeniche ed eterometriche da sub-angolose ad arrotondate con sabbie debolmente limose. Sono confinati lungo l'alveo attuale dei corsi d'acqua. La composizione litologica, rispecchiando le litologie affioranti nel bacino, è data da prevalenti argilliti e argilloscisti. La reazione all'HCl è debole.

Depositi alluvionali e marini antichi (Olocene) sono ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate in matrice sabbioso limosa e sabbioso argillosa da scarsa ad abbondante. Talora sono presenti blocchi e/o lenti di materiali fini sabbioso limosi o limoso sabbiosi. Al tetto può essere presente una copertura di materiale di riporto, generalmente grossolano, di spessore mediamente compreso tra i 2÷4 metri. Occupano la piana alluvionale del torrente Polcevera e perimetrano l'alveo del Torrente Torbella dalla confluenza nel Polcevera verso monte sino a nord di Fischi.

Coltri eluvio colluviali (Olocene) sono depositi continentali di versante e di alterazione del sottostante substrato, di cui rispecchiano la composizione litologica. Sono composte da clasti argillitici di dimensioni eterometriche in abbondante matrice limoso sabbiosa o limoso argillosa; talvolta risultano pedogenizzate e possono inglobare elementi grossolani mobilizzati da processi di versante. Derivanti da fenomeni di erosione, alterazione e limitato (o assente) trasporto, ricoprono diffusamente il substrato argillitico per spessori che nella carta geomorfologica del PUC, e con buon riscontro dai rilievi di campagna, sono generalmente variabili fra 0,5 – 3 m.

Riporti (attuale) sono materiali eterogenei ed eterometrici, generalmente a composizione ghiaioso sabbiosa in matrice limosa e limoso- argillosa con presenza di frammenti di laterizi e resti vegetali, messi in opera per spianare le aree e favorire lo sviluppo del tessuto urbano. Per composizione litologica possono talvolta essere difficilmente distinguibili dalle coltri eluvio colluviali in posto.

In estrema sintesi l'intera galleria scolmatrice e l'opera di presa ricadono nelle Argilliti della Formazione di Montanesi, mentre la formazione di Ronco rimane a monte, nella porzione più interna del bacino del Rio Maltempo. Il contatto fra le due unità è tettonico con conseguente ed atteso incremento del grado di fratturazione al suo approssimarsi, e quindi nella porzione sommitale delle argilliti di Montanesi. Immediatamente a valle dello sbocco della galleria idraulica lungo il Torrente Torbella sono cartografate alluvioni attuali e antiche grossolane sulle quali ricadono gli interventi di riprofilatura dell'alveo e di adeguamento o rifacimento degli attraversamenti esistenti. Tali alluvioni hanno spessore pluridecamentrico e poggiano in discordanza sulle Argilliti di Montanesi.

Dal punto di vista geomorfologico per effetto di una giacitura generale degli strati diretta verso i quadranti orientali la Val Polcevera mostra pendenze medie più elevate in sponda sinistra (dove ricade l'intervento in progetto) piuttosto che in quella destra. Nelle aree di affioramento dei termini litologici a comportamento lapideo o pseudo-lapideo la morfogenesi selettiva favorisce lo sviluppo di forme aspre e marcate, caratterizzate da versanti acclivi, spesso interrotti da bruschi stacchi morfologici connessi ad importanti elementi tettonici o a superfici di strato dei livelli più competenti, mentre nei termini più duttili prevalgono forme morbide ed arrotondate. Non mancano fenomeni di dissesto più o meno localizzati, spesso imputabili



a fenomeni di scivolamento planare o rototraslazionale, o ancora di colata, che normalmente si impostano a carico delle coltri eluvio colluviali poggianti sul substrato argillitico; talvolta il dissesto può coinvolgere anche il cappellaccio di alterazione dell'unità flyschioide.

I bacini sono modellati dall'azione delle acque di ruscellamento ed incanalate con un reticolo poco gerarchizzato.

Le coltri di alterazione, che possono raggiungere punte di oltre 10 metri ma normalmente mostrano valori medi nell'ordine di 2-3 m, ed il substrato fischioide sono facilmente incise da rii minori e canali di ruscellamento con scarpate in erosione che possono raggiungere e superare i 6-7 metri di altezza.

Le zone di fondovalle e quelle subpianeggianti dei corsi d'acqua sono intensamente antropizzate e solcate dai rilevati ferroviari e stradali, nonché occupate da impianti industriali distribuiti specialmente lungo la sponda occidentale del Polcevera. L'alveo di esondazione del Polcevera, così come quello del Torrente Torbella, è ristretto entro scarpate morfologiche spesso antropizzate, rettificate e rivestite/delimitate da argini/muri costruiti in periodi e con tipologie diverse. Il restringimento della golena conseguente l'estesa 'urbanizzazione delle aree comporta una pericolosità idraulica ben evidenziata nella "carta delle fasce di inondabilità" del Piano di Bacino la quale, come schematicamente riportato in figura 4.5, perimetra diverse tratte lungo il Torrente Torbella, Rio Maltempo e Polcevera.

Il Torrente Torbella e il Polcevera, pur con una sezione spesso ristretta da interventi antropici, scorrono interamente a cielo aperto.

Il Rio Maltempo scorre a cielo aperto a monte e per un breve tratto anche a valle dell'Autostrada. All'altezza del viadotto autostradale l'alveo è attraversato da un alto rilevato che ne occlude la sezione; la continuità idraulica è garantita da una struttura scatolare che allo stato attuale è poco visibile in quanto avvolta da una fitta vegetazione. Nel tempo la morfologia della porzione valliva di questo bacino, dalla confluenza nel Polcevera fin quasi all'autostrada, è stata trasformata in un comparto fortemente urbanizzato che ha portato a canalizzare l'alveo del rio confinato non solo al di sotto (o a margine) di viabilità, ma anche di importanti fabbricati. L'urbanizzazione ha comportato una significativa riduzione di capacità idraulica rispetto all'alveo naturale, aggravata nel tempo dalla posa di numerose interferenze che hanno generato ulteriori criticità idrauliche e reso ancora più palese l'insufficienza della tombinatura.

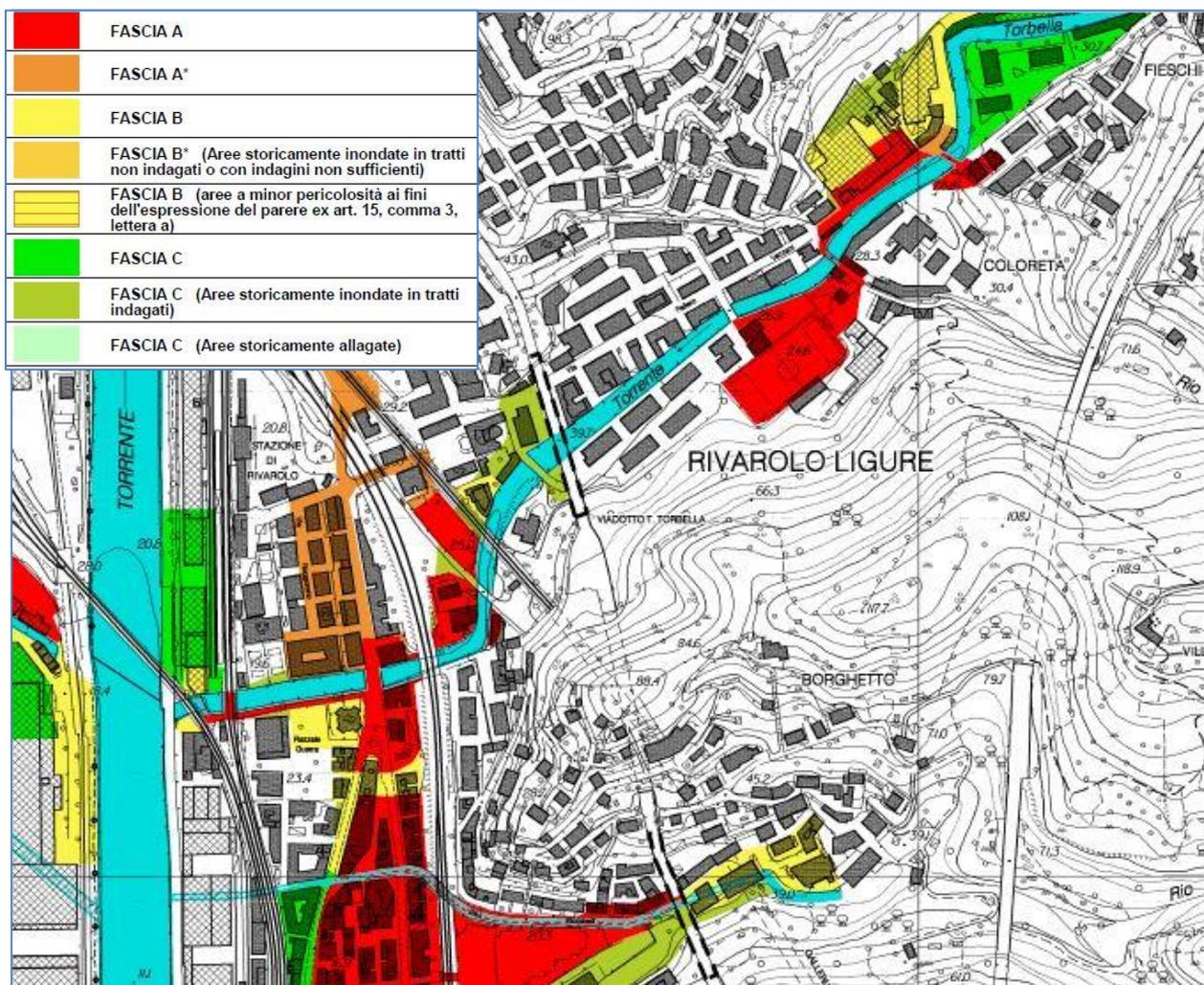


Figura 4.5 Stralcio carta delle fasce di inondabilità del tratto compreso fra Torbella, Maltempo e Polcevera

I settori di piana alluvionale del torrente Polcevera, ed in misura relativamente minore del Torrente Torbella, si caratterizzano per la presenza di potenti depositi di copertura alluvionale attuali ed antichi dove la morfogenesi selettiva svolge un ruolo di secondaria importanza, in quanto subordinata ai processi deposizionali e di alterazione in situ dei litotipi affioranti.

Lo studio dei fenomeni di dissesto presenti nel settore di intervento è stato condotto a partire da documentazione bibliografica integrata da rilievi di campo e studi foto-interpretativi di ortofoto e immagini satellitari. Con riferimento alle aree di stretto interesse progettuale ad una distanza variabile fra 300-800m a monte dell'opera di presa del Rio Maltempo sono cartografate alcune frane quiescenti o potenzialmente attive di tipo superficiale, prevalentemente tipo soil slip e più limitatamente per scivolamento, lungo i due rami in cui si divide il Rio Maltempo (Maltempo 1 e Maltempo 2), oltre a fenomeni di ruscellamento diffuso ed erosione laterale. Tali elementi per posizione, ridotte dimensioni e profondità non comportano gravami o rischi potenziali diretti per le opere in progetto, ma a seguito di eventi meteorici particolarmente intensi e prolungati potrebbero determinare un incremento del trasporto solido che affluirà rapidamente verso l'opera



di presa. Da segnalare inoltre una condizione di erosione concentrata di fondo lungo il Rio Maltempo a monte dell'Autostrada, fenomeno questo imputabile ai volumi d'acqua incanalati ed alle caratteristiche di alterazione e fessurazione del substrato argillitico, che affiora estesamente lungo buona parte dell'alveo stesso. In figura seguente dallo stralcio della **carta della franosità reale** del PSAI sono evidenti rotture di pendio in corrispondenza dei crinali e, a monte dell'opera di presa, alcune frane superficiali potenzialmente attive o quiescenti tipo soil slip (ss) e più limitatamente per scivolamento, oltre a condizioni di erosione concentrata di fondo, sempre a monte rispetto ai lavori.

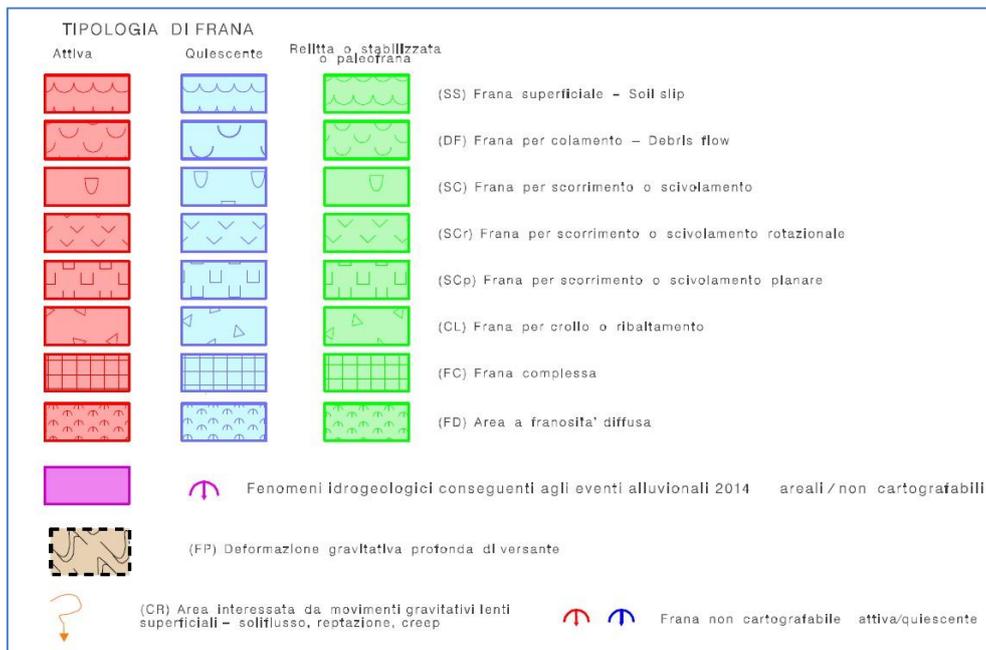
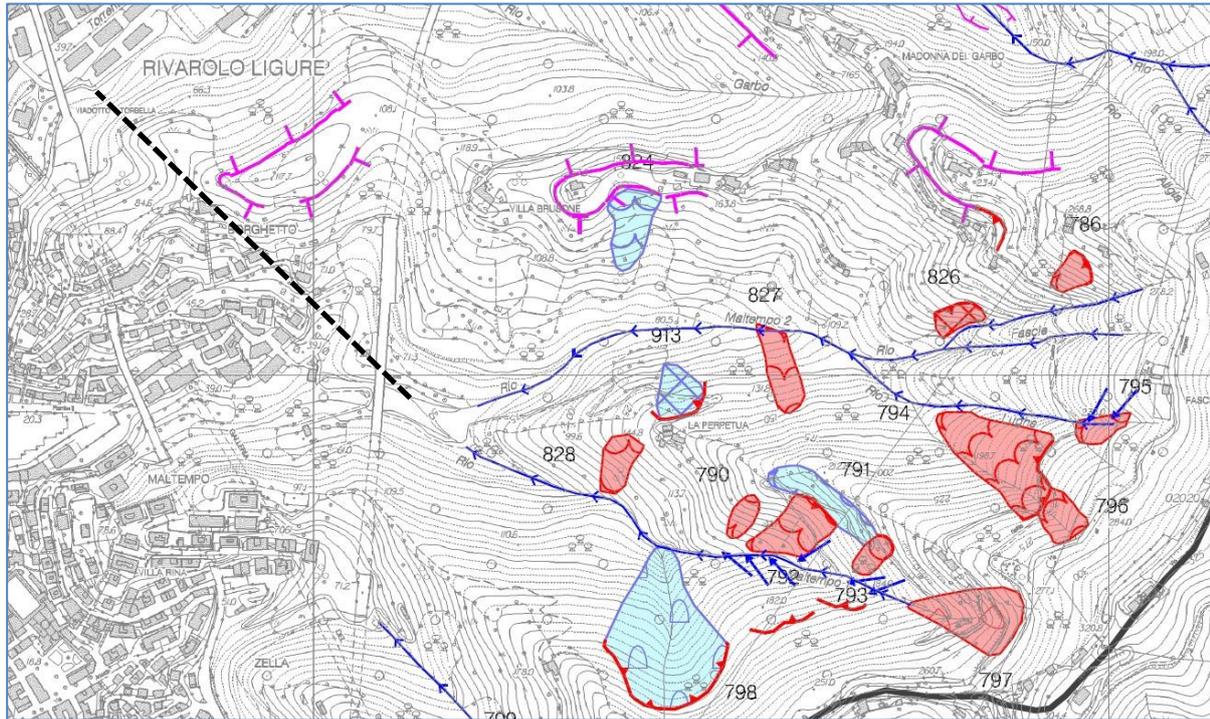


Figura 4.6 PSAI Carta della franosità reale e legenda. La galleria idraulica è rappresentata con una linea tratteggiata



Immediatamente a valle del viadotto autostradale, e quindi dell'opera di presa, in sponda destra del Rio Maltempo le cronache locali riportano la presenza di una discarica non autorizzata contenente fusti in materiale plastico per la quale sono stati svolti dettagliati accertamenti per la messa in sicurezza del sito. Una più precisa delimitazione e caratterizzazione dell'area è stata ottenuta a seguito di un sopralluogo congiunto effettuato con i tecnici comunali della Direzione Ambiente del Comune di Genova, i quali hanno gentilmente messo a disposizione la documentazione disponibile. In figura seguente l'ubicazione approssimativa della discarica in questione rispetto agli interventi in progetto.

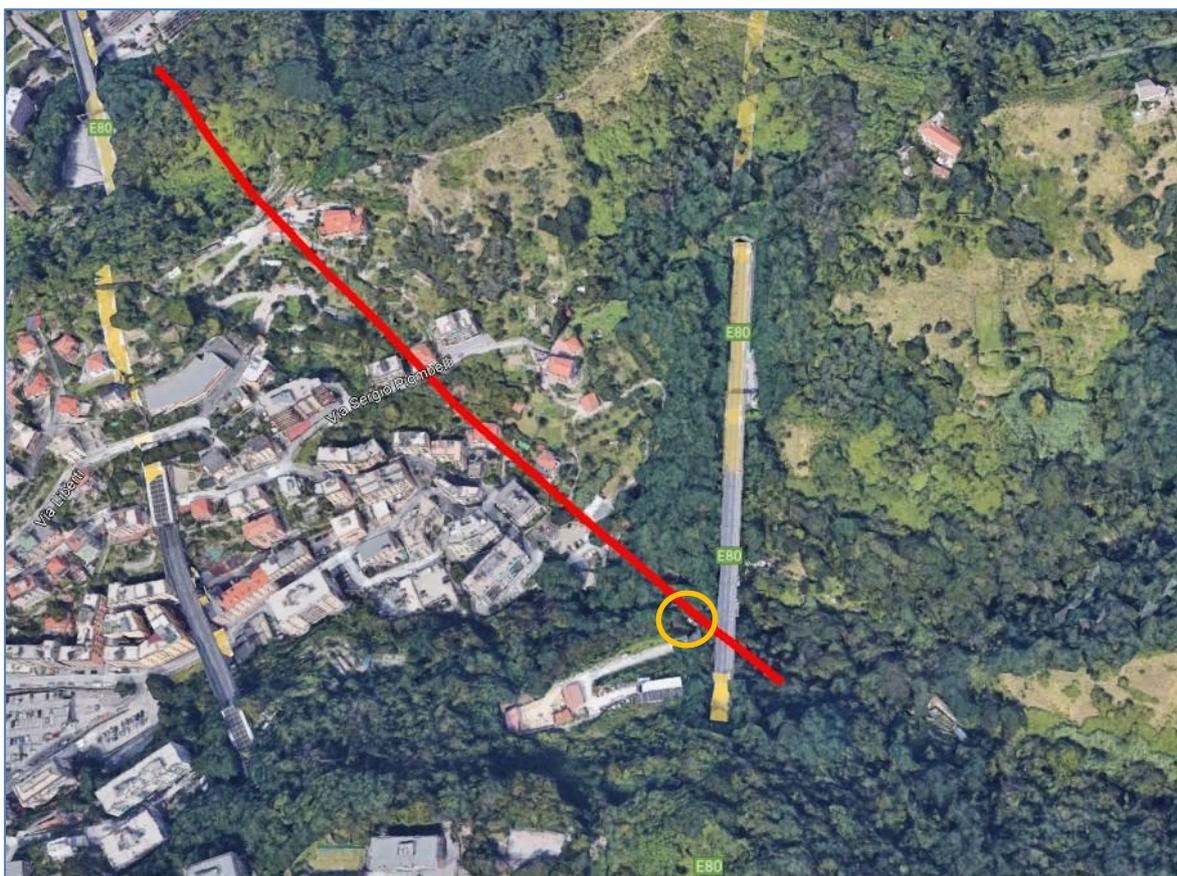


Figura 4.7 Posizione approssimativa della discarica non autorizzata lungo Via Piombelli a valle del viadotto autostradale. In rosso il tracciato della galleria idraulica



5. IDROGEOLOGIA

Come visto a livello sia locale che di area vasta nell'area in studio i versanti della Valpolcevera e relativi affluenti sono impostati in un substrato argillitico con subordinate intercalazioni arenacee. La permeabilità di questi materiali, indipendentemente dall'unità stratigrafica di appartenenza, è nel complesso da bassa a molto bassa, anche se non può comunque escludersi a priori un valore relativamente maggiore nei settori più intensamente tettonizzati. Ne consegue una assenza o scarsità di sorgenti le quali, ove presenti, manifestano portate modeste se non addirittura stagionali legate ad una forte compartimentazione degli ammassi, alla presenza di intercalazioni arenacee e/o di fasce a maggior fratturazione.

I terreni a prevalente componente argillitica e siltitica e di basso grado metamorfico, fra cui in particolare quelli appartenenti all'unità di Montanesi affioranti lungo e nell'intorno delle opere in progetto, costituiscono quindi limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano sostanzialmente degli acquicludi significativi. La circolazione idrica sotterranea, ove presente, è limitata alla porzione corticale dell'ammasso roccioso, ed in particolare alla coltre alterata superficiale dotata di una porosità relativamente più elevata rispetto quella della roccia sottostante e pertanto di un maggior grado di conducibilità idraulica relativa. Ne consegue una possibile e modesta circolazione idrica superficiale, con relativo adattamento della superficie piezometrica alla morfologia del territorio (deflusso secondo le curve di pendenza). Tali falde superficiali hanno limitate potenzialità e sono strettamente collegate alla stagionalità ed alla variabilità degli apporti meteorici.

Nel complesso la permeabilità è per fessurazione ed è da considerarsi da molto bassa a bassa.

Lungo i principali corsi d'acqua la presenza di una coltre alluvionale prevalentemente grossolana poggiante su di un substrato lapideo argillitico impermeabile o semi permeabile favorisce, per contro, la formazione di una falda freatica di subalveo a superficie libera di particolare rilevanza, non a caso sfruttata a scopo industriale e idropotabile. Tale falda è alimentata prevalentemente da dispersioni in alveo, ed in misura minore dalle precipitazioni dirette e da contributi provenienti dai versanti incassanti. La sua direzione di deflusso è subparallela alle aste torrentizie per cui risulta circa N-S per il Torrente Polcevera, e circa NE-SW passante nel tratto terminale quasi E-W per il Torbella. Il limite inferiore è dato dal contatto con il bed rock argillitico. Ne consegue che lo spessore della falda è condizionato dallo spessore della coltre alluvionale, il quale aumenta da monte verso valle; nelle aree in studio i dati disponibili, e fatta eccezione per locali e possibili culminazioni del substrato, indicano valori quantomeno pluridecametrici. La permeabilità è per porosità e variabile da media ad alta in funzione del contenuto di frazione fine. Trattandosi di un acquifero a buona permeabilità e privo di protezione la sua vulnerabilità idrogeologica è da ritenersi sempre elevata.

Sul Polcevera dove le alluvioni hanno spessori quantificati in 40-60 m tale falda va a costituire un acquifero significativo (riferimento: PUC) captato da diversi pozzi; la sua soggiacenza come risulta da diverse indagini reperite è mediamente variabile fra 4 - 6m da p.c. mentre secondo la documentazione del Piano di Bacino Stralcio variabile fra 2-7 m secondo; l'escursione stagionale è di 2-4 m. Questo acquifero costituisce una risorsa di primaria importanza per la città di Genova ed è sfruttato a scopo idropotabile dagli acquedotti cittadini ed a scopo industriale. Per questo sfruttamento e per l'urbanizzazione della golena fluviale la falda



è vulnerabile all'impoverimento e all'inquinamento, ed il notevole sfruttamento cui è stata sottoposta è una concausa dell'intrusione del cuneo salino risalito anche ad 1 Km dalla foce (Pittaluga F 2002). Nell'ambito del bacino del torrente Polcevera il prelievo maggiore, pari ad oltre il 68,9% del totale, avviene attraverso pozzi e quindi a carico delle acque sotterranee, mentre le aliquote rimanenti sono dovute a derivazioni e sorgenti

Lungo il Torrente Torbella, la cui falda di subalveo confluisce in quella del Polcevera, possono attendersi valori di soggiacenza sostanzialmente analoghi, o di poco inferiori, con una escursione stagionale tendenzialmente maggiore e più rapida, compresa come minimo fra 3 - 5m in funzione del periodo. I livelli minimi si registrano nei mesi estivi, quelli massimi fra autunno ed inverno quando, a seguito dei principali eventi meteorici, la falda può spingersi sino a piano campagna.

Dal Piano di Tutela delle Acque i monitoraggi eseguiti mostrano una perfetta correlazione fra le piogge e gli innalzamenti della falda con una chiara influenza delle acque superficiali sulla ricarica della falda sotterranea. Le escursioni stagionali lungo il Rio Polcevera mostrano variazioni non particolarmente accentuate in quanto risentono dell'effetto tampone del corso d'acqua (lungo il quale insiste un deflusso perenne); per contro sono significative quando ci si trova in prossimità dei corsi d'acqua minori (come il T. Torbella) i quali si ingrossano e prosciugano molto più rapidamente del corso d'acqua principale.

Coerentemente la **carta idrogeologica** del PUC di figura 5.1 riporta lungo il tracciato della galleria idraulica coperture permeabili per porosità su substrato impermeabile (sottile coltre colluviale e argilliti della Formazione Montanesi), e coperture permeabili per porosità su substrato semi permeabile nella porzione interna del Rio Maltempo a monte dell'opera di presa (sottile coltre colluviale e Formazione di Ronco). Non sono censite sorgenti lungo il percorso della galleria idraulica e più in generale entro ed in un intorno significativo delle opere in progetto. In generale la presenza di sorgenti è piuttosto rara in tutta l'area. In particolare, non si segnalano sorgenti nelle argilliti della formazione di Montanesi, mentre qualche rara sorgente è cartografata nella formazione di Ronco, comunque a monte ed a significativa distanza dai lavori.

Lungo le zone subpianeggianti della golena del Torrente Torbella del Polcevera le alluvioni sono permeabili per porosità ma tale permeabilità, ad eccezione della fascia occupata dall'alveo, è spesso limitata dalle pavimentazioni e coperture connesse con l'elevata urbanizzazione.

L'ampia golena del Polcevera fino a comprendere ampiamente la confluenza del Torbella è inclusa all'interno di un "acquifero significativo" la cui qualità, nel Piano di Tutela delle Acque (PTA) e nella relazione sullo stato dell'ambiente in Liguria è descritto come "non buono". Per contro lo stato quantitativo è buono.

Lungo i versanti le coperture colluviali non hanno, salvo contesti prettamente locali, spessori tali da consentire la formazione di una falda acquifera, se non effimera e strettamente legata agli eventi meteorici. La permeabilità è generalmente bassa.

La consultazione del Geoportale regionale conferma la presenza di diversi pozzi per acqua ad uso industriale o idropotabile, attivi o dismessi, lungo la piana alluvionale del Polcevera in destra e sinistra idrografica (figura 5.1). In particolare, poco a Sud della confluenza del Torrente Torbella in sinistra idrografica del Torrente Polcevera sono presenti n° 3 pozzi per acqua gestiti da IREN Acque S.P.A., dichiarati ad uso umano, di recente costruzione (concessioni datata 2016), aventi portate comprese fra 40-



45 l/s (figura 5.2). Tali pozzi si trovano idrogeologicamente a valle rispetto agli interventi in progetto lungo il Torbella e ad una distanza minima rispetto ai lavori previsti all'altezza del ponte ferroviario valutabile in circa 15 m (pozzo A).

Pozzo sigla	Nome	Gestore	Portata
13666	Pozzo A	IREN Acque SpA	45 l/s
13707	Pozzo B	IREN Acque SpA	40 l/s
13708	Pozzo C	IREN Acque SpA	40 l/s

Tabella 5.1 Pozzi per acqua alla confluenza del Torbella nel Polcevera

Dalla carta idrogeologica di figura 5.1 si evince come i sopraelencati pozzi di IREN Acque pur prossimi all'attuale confluenza del Torbella nel Polcevera ricadono ampiamente all'interno del perimetro dell'acquifero significativo del Polcevera stesso, e la loro alimentazione può ritenersi in (buona) parte connessa con contributi forniti dal Polcevera.



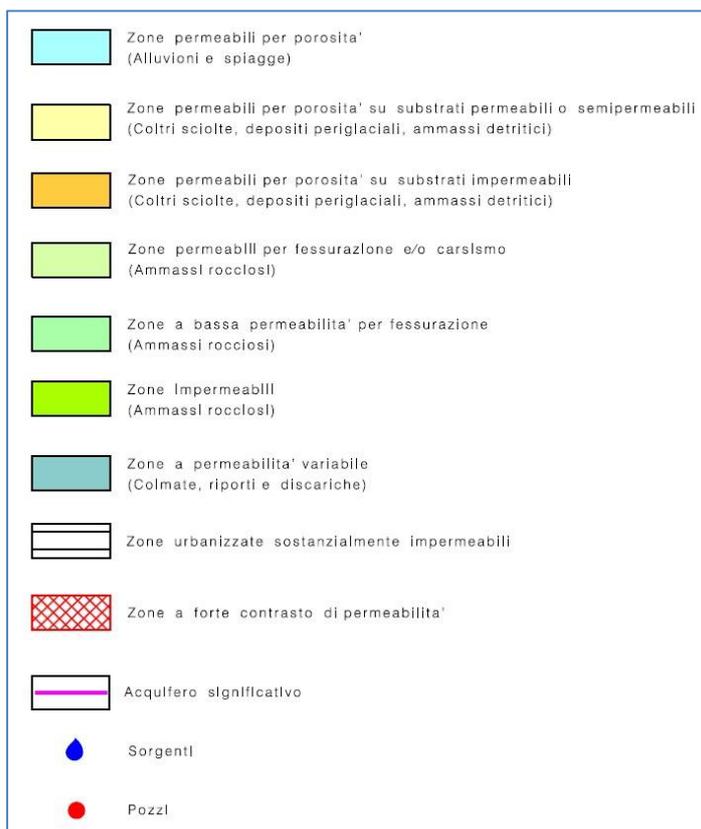


Figura 5.1 PUC. Carta idrogeologica. La galleria idraulica è rappresentata con una linea continua, il tratto d'intervento lungo il Torbella con una linea tratteggiata

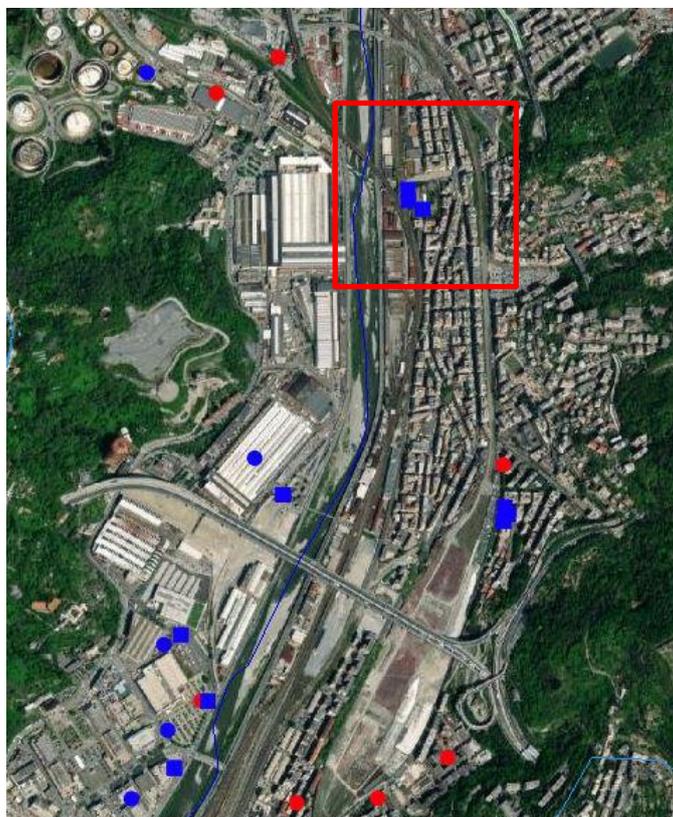


Figura 5.2 Ubicazione pozzi esistenti lungo il Polcevera nell'intorno della confluenza con il Torbella

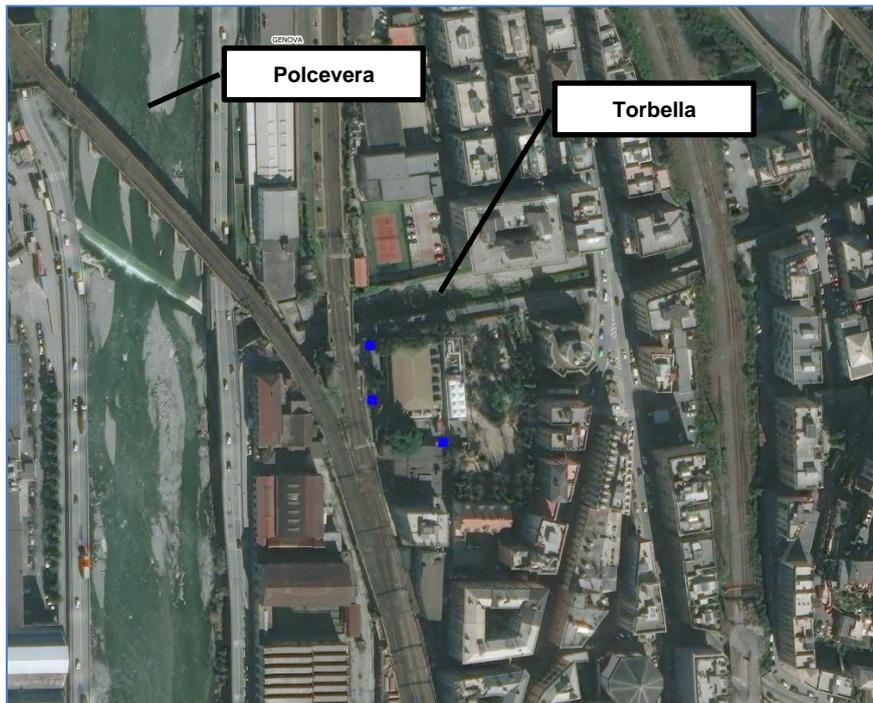


Figura 5.3 Ubicazione pozzi IREN Acque alla confluenza fra Torbella e Polcevera. Dettaglio dell'immagine precedente

La **carta idrogeologica** del PSAI più genericamente indica diffusi terreni impermeabili lungo ed a monte della galleria idraulica (senza distinzione fra le Formazioni di Montanesi e di Ronco) con coltri detritiche sottili alle testate del Rio Maltempo, e depositi alluvionali permeabili per porosità lungo e nell'intorno del Torrente Torbella e Polcevera. I contesti urbanizzati sono diffusamente impermeabilizzati e in essi ricadono anche le aree in depositi alluvionali allo sbocco della galleria idraulica. Fa eccezione il sedime di stretta pertinenza dell'alveo del Torbella dove affiorano i depositi alluvionali granulari in assenza di impermeabilizzazione superficiale.

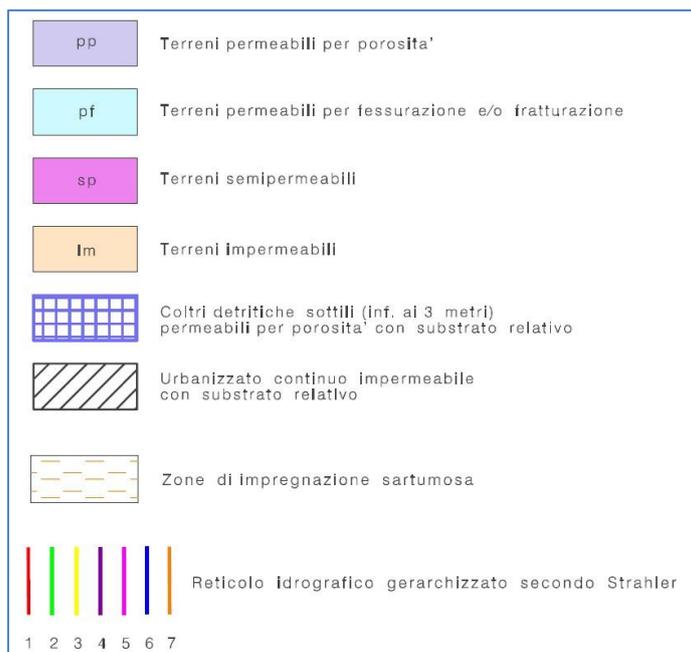
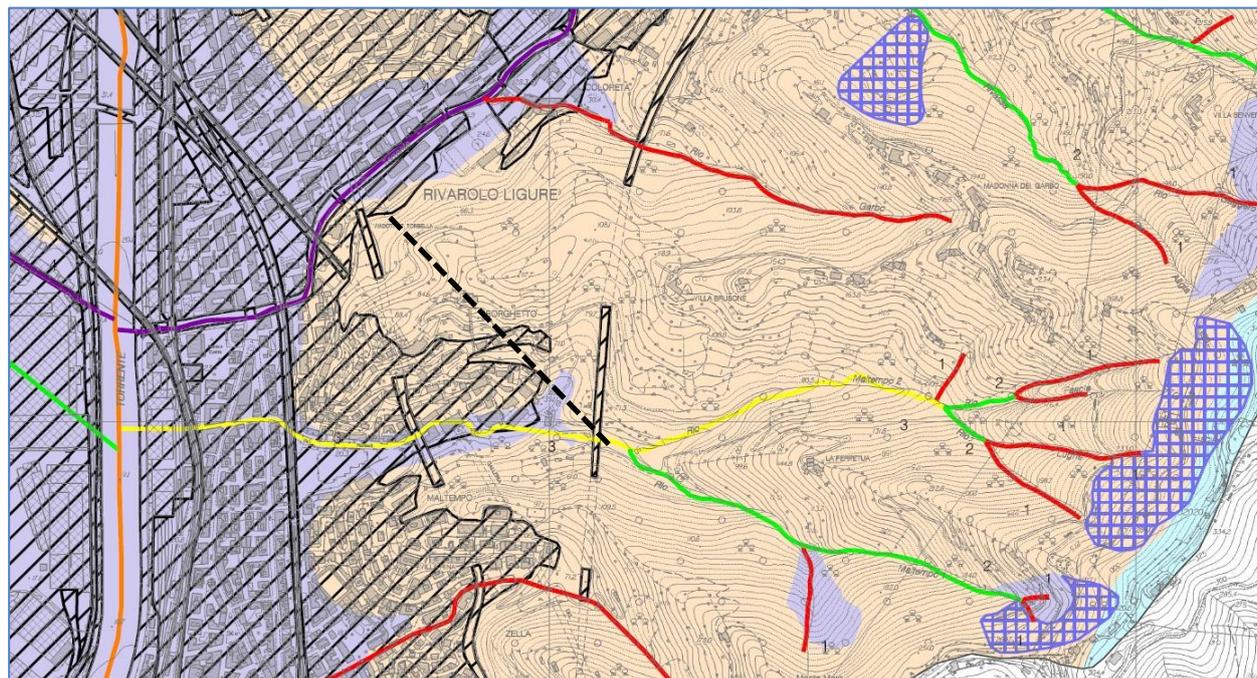


Figura 5.4 PSAI. Carta idrogeologica e legenda. La galleria idraulica è rappresentata con una linea tratteggiata

La **carta dei vincoli** del PSAI riassume quanto evidenziato sin qui riportando la delimitazione del vincolo idrogeologico e quella dell'acquifero significativo del Torrente Polcevera, considerata quest'ultima anche come zona sottoposta a vincolo. All'interno dell'acquifero significativo sono censiti numerosi pozzi ad uso industriale o idropotabile, fra cui anche i n° 3 pozzi idropotabili poco a margine delle aree d'intervento di IREN Acque. Sono riportate inoltre le perimetrazioni delle frane attive e quiescenti che, ricordiamo ancora una volta, rimangono a monte delle aree d'intervento, e sono cartografati



c_d969 - Comune di Genova - Prot. 22/11/2022.0445245.E

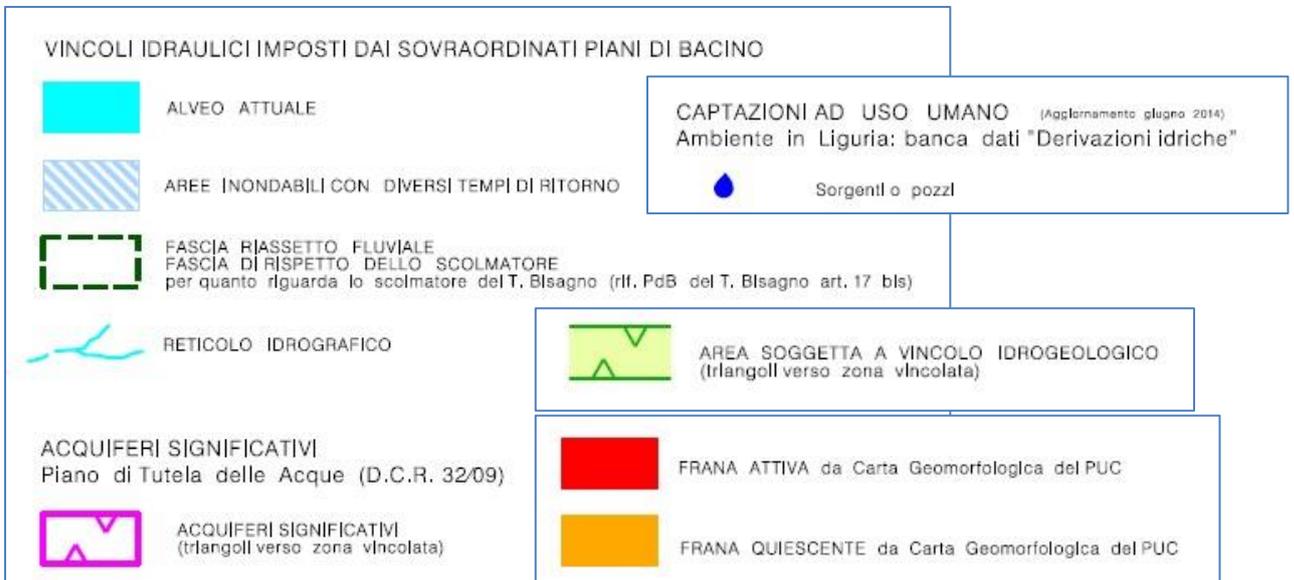
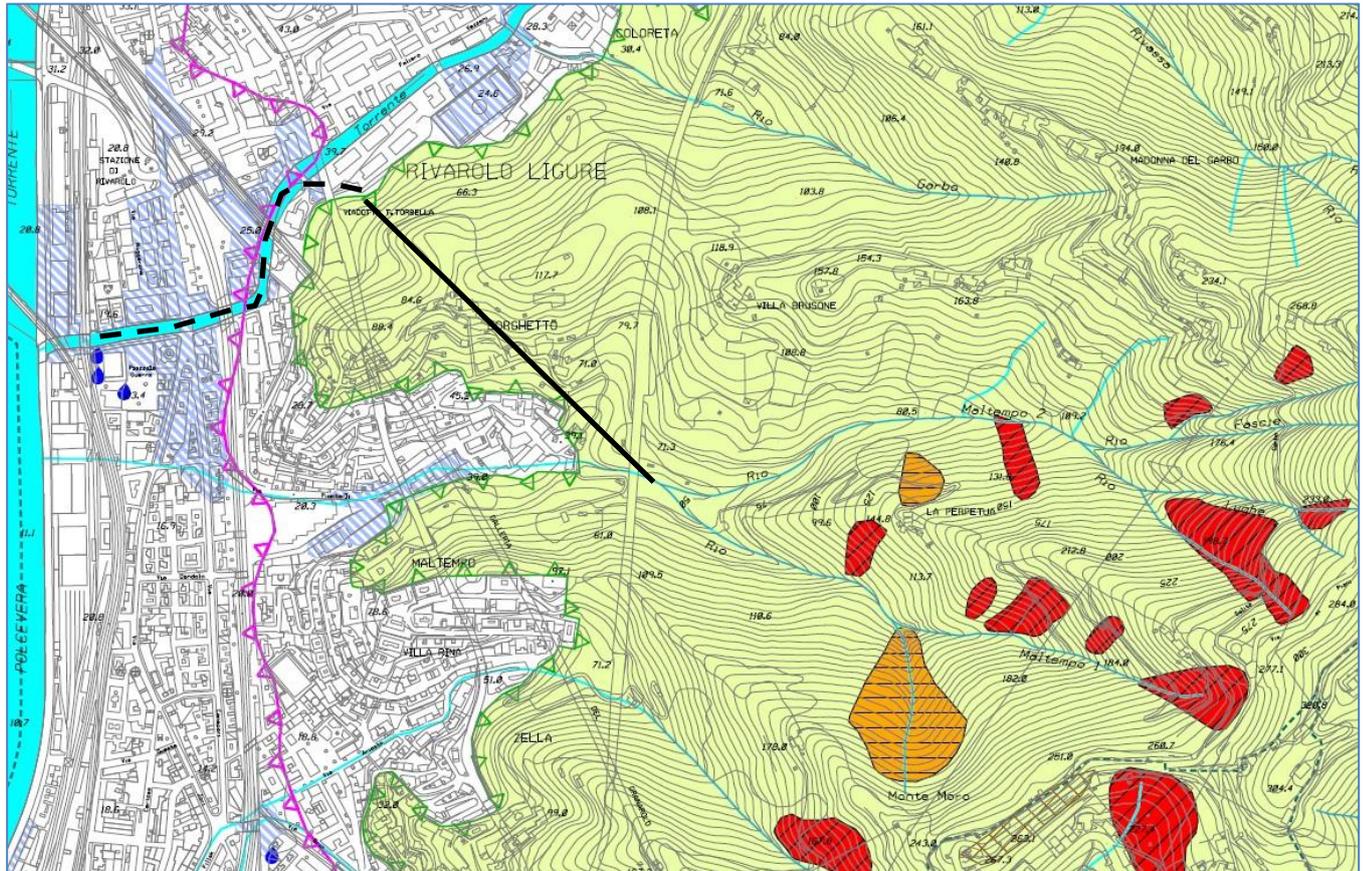


Figura 5.5 PUC. Carta dei vincoli. La galleria idraulica è rappresentata con una linea continua, l'intervento lungo il Torbella con una linea tratteggiata

Per la determinazione delle permeabilità dei terreni si è fatto riferimento ai risultati di indagini pregresse eseguite in aree limitrofe e sui medesimi materiali, ed ai risultati delle indagini specificamente condotte nel 2022 in sede di progettazione definitiva. Rimandando per maggiori dettagli al capitolo successivo, e più



estesamente ai contenuti della Relazione Geologica, risulta:

- per le argilliti della formazione di Montanesi: da prove tipo Lugeon in foro di sondaggio permeabilità variabili fra 10^{-7} e 10^{-9} m/s, ben rappresentate da un valore di riferimento medio di 10^{-8} m/s;
- per le argilliti della formazione di Ronco: da prove tipo Lefranc in foro di sondaggio permeabilità nell'ordine di 10^{-6} m/s;
- per le coltri colluviali: da prove tipo Lefranc in foro di sondaggio la permeabilità è variabile fra 10^{-5} m/s - 10^{-7} m/s -;
- per le alluvioni attuali e antiche: da prove tipo Lefranc in foro di sondaggio la permeabilità è variabile fra 10^{-3} m/s - 10^{-5} m/s con punte fino a 10^{-6} m/s in funzione del contenuto di fine.

La carta idrogeologica allegata al progetto, riportata in figura 5.6, rappresenta e suddivide i terreni in funzione delle caratteristiche di permeabilità. Nella stessa tavola sono riportate le emergenze idriche (pozzi e sorgenti) censite all'interno dell'inquadramento della tavola. Dall'osservazione di questo elaborato si evince che i terreni in cui si sviluppa la galleria idraulica, appartenenti alla Formazione di Montanesi ed a composizione prevalentemente argillitica, sono considerati sostanzialmente impermeabili, o con permeabilità da molto bassa a bassa. Condizioni queste compatibili con l'assenza di falde e corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza. Nello schema di circolazione idrica generale costituiscono degli acquicludi di notevole importanza in quanto possono tamponare lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei più importanti. Durante gli scavi in sottoterraneo non saranno perciò da attendersi venute idriche significative e non sono da prevedersi effetti tangibili derivanti dallo scavo sulle sorgenti presenti in superficie, o sulla stabilità dei terreni. Potranno in ogni caso riscontrarsi locali venute, in forma di stillicidi puntuali o diffusi, concentrate nelle zone di maggiore fratturazione, in corrispondenza dei pur subordinati interstrati arenitici o ancora laddove la calotta dovesse intercettare la coltre di alterazione superficiale. Stante la natura argillitica delle rocce incassanti tali venute dovranno essere prontamente allontanate evitando accumuli in galleria che alla lunga potrebbero favorire una progressiva alterazione della roccia. A tale scopo è previsto lo scavo della galleria procedendo da valle verso monte, in favore di pendenza, consentendo in tal modo il drenaggio naturale delle acque verso il Torbella.

I lavori lungo l'alveo del Torbella si mantengono spesso a monte e più limitatamente a margine dei pozzi di proprietà di IREN Acque. Essi andranno ad interessare depositi alluvionali a buona permeabilità con falda a modesta profondità, e come tale caratterizzata da una vulnerabilità idrogeologica potenziale elevata.

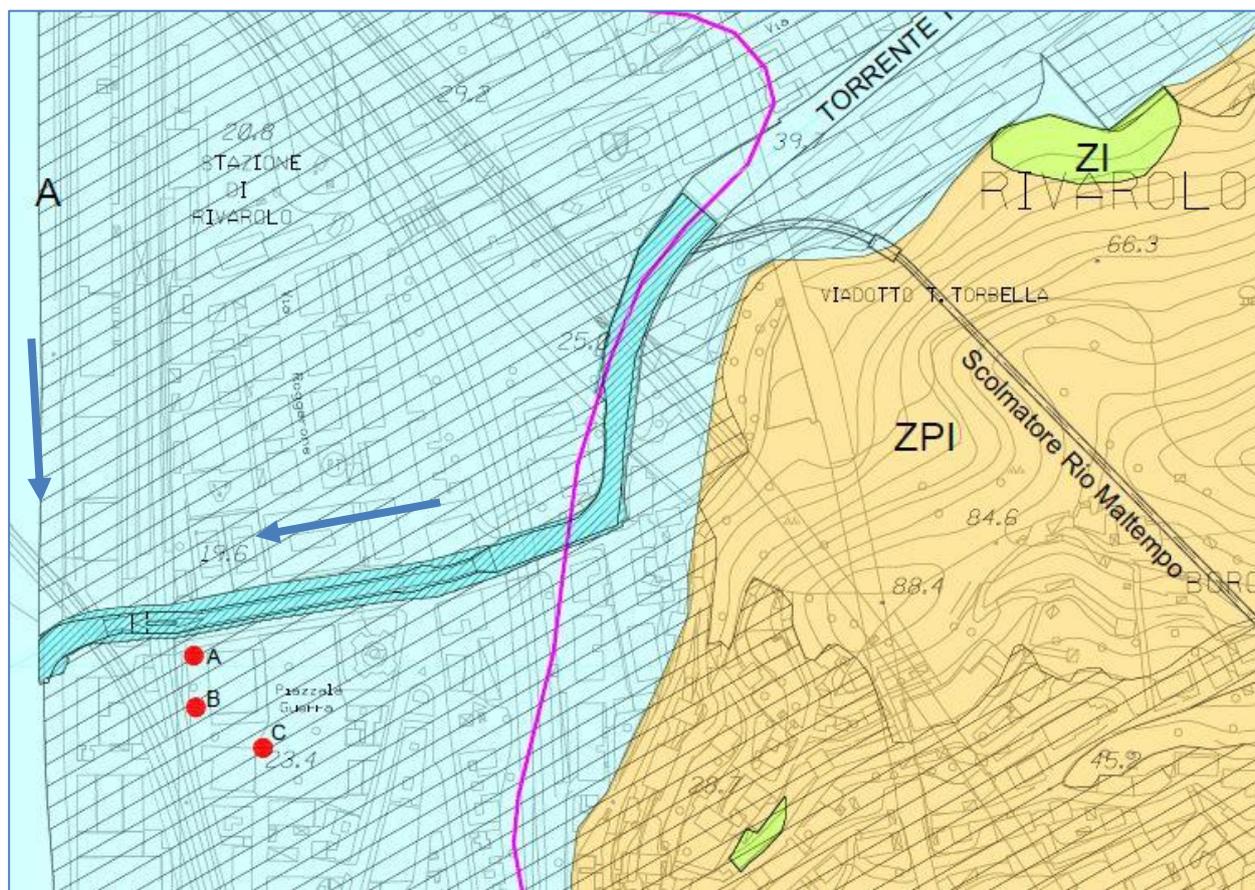


Figura 5.6 Stralcio carta idrogeologica. La freccia indica la direzione di deflusso delle acque sotterranee

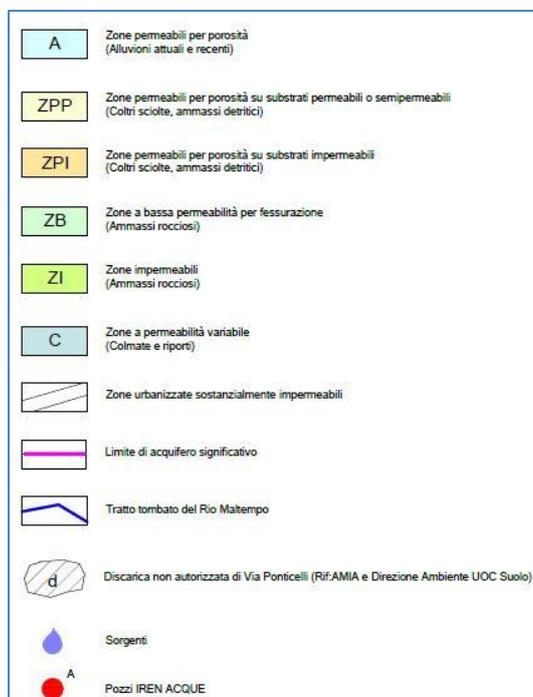


Figura 5.7 Legenda carta idrogeologica di progetto



6. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per lo sviluppo della progettazione in una prima fase si è fatto riferimento agli esiti di indagini pregresse disponibili ricadenti nelle immediate vicinanze dell'area d'intervento e nei medesimi terreni. Sulla base del quadro disponibile, e della tipologia di opere previste, nell'ambito della progettazione definitiva è stata condotta una specifica campagna geognostica e geotecnica di approfondimento completata nel periodo febbraio - marzo 2022.

I capitoli e paragrafi seguenti riepilogano caratteristiche e risultati delle indagini in parola con particolare riferimento agli aspetti stratigrafici e idrogeologici. Per maggiori dettagli sull'argomento si rimanda alla Relazione geologica di progetto ed agli elaborati grafici ad esso allegati.

6.1 Indagini pregresse

Per le indagini pregresse si è fatto riferimento alle seguenti fonti:

- Progetto esecutivo di 1° livello del Viadotto Polcevera, comprensivo della relazione geologica redatta da W. Rivola nel febbraio 2019;
- Progetto definitivo di adeguamento del sistema A7 - A10 - A12 del nodo autostradale di Genova, comprensivo della Relazione geomeccanica delle gallerie naturali ad est del Torrente Polcevera;
- Carta delle indagini geognostiche consultabile attraverso il Geoportale Regionale;
- Piano di caratterizzazione e messa in sicurezza del sito di Via Piombelli.

6.1.1 Progetto esecutivo del Viadotto Polcevera

Il nuovo viadotto autostradale sul Fiume Polcevera si trova circa 1.000 m a valle rispetto all'immissione del Torrente Torbella nel Torrente Polcevera, ed interessa un contesto geologico sostanzialmente analogo. Nei sondaggi geognostici eseguiti in fase di progettazione esecutiva del viadotto è stata spesso intercettata la Formazione di Montanesi in facies di argilliti compatte e litoidi variamente fratturate, soggiacente depositi alluvionali. Le fratture sono a luoghi ricementate con calcite o con riempimento limoso argilloso. Sono presenti livelli cataclastici di spessore da decimetrico a metrico ed una coltre di alterazione, in prossimità della superficie, dello spessore medio di 4 m. Le fratture sono da chiuse a moderatamente aperte, con forma piana o ondulata, a riempimento limoso o assente. Prove di permeabilità tipo Lugeon convergono verso valori medi di $k = 10^{-8}$ m/s. Per contro nell'unità di Ronco la permeabilità è stata misurata tramite prove Lefranc, a testimonianza di un minore comportamento lapideo, risulta più elevata, attorno a 10^{-6} m/s.

Le alluvioni del Polcevera, a valle dell'immissione del Torrente Torbella, sono composte da ghiaie poligeniche da sub angolose ad arrotondate in matrice sabbioso limosa o sabbioso argillosa per spessori nell'ordine di 30-40 m; verso il basso sono presenti intercalazioni di materiali fini. Nelle rilevazioni effettuate fra gennaio e febbraio 2019 la falda staziona attorno alla profondità di 4-5 m da p.c. La permeabilità da prove Lefranc varia nel campo $K = 10^{-3} - 10^{-5}$ m/s.

6.1.2 Progetto definitivo del nodo autostradale di Genova



Le indagini geologiche e geomeccaniche eseguite per la *Gronda di Ponente – Riquilificazione A10 e potenziamento A7 e A12 - Progetto Definitivo delle gallerie naturali ed opere in sotterraneo ad est del Polcevera*, (relazione geomeccanica del febbraio 2011) entrano maggiormente nel dettaglio della caratterizzazione e classificazione degli ammassi rocciosi. Tali indagini sono rappresentate da rilievi geomeccanici di campo in corrispondenza delle diverse unità litologiche, sondaggi a carotaggio continuo di profondità variabile fra 25m e 300m con prove dilatometriche e Lugeon in foro, prelievo di campioni per esecuzione di prove di compressione monoassiale e triassiale in laboratorio.

I risultati delle indagini eseguite nelle Argilliti di Montanesi sono qui di seguito brevemente riepilogati:

- Peso di volume $\gamma = 26,5$ kN/mc;
- Contenuto di CaCO₃ ottenuto da calcimetrie = 15%-55%
- Resistenza a compressione semplice $\sigma_c = 19,5$ Mpa e più in generale compresa nel range 16-23 Mpa;
- Esiste una buona correlazione fra i contenuti di CaCO₃ e la resistenza a compressione delle diverse unità litologiche;
- Indice di Hoek $m_i = 6$;
- Geological Strength Index GSI = 25 e più in genere compreso fra 20 – 30;
- Modulo di deformabilità ottenuto da prove dilatometriche in foro $E = 1.900$ Mpa, relativo ad un range variabile fra 1.200 e 2.700 Mpa circa.
- La permeabilità delle argilliti di Montanesi viene ascritta a valori nell'ordine o inferiori a $K = 10^{-8}$ m/s, mentre alla Formazione di Ronco viene attribuito un range fra $10^{-6} - 10^{-8}$ m/s

6.1.3 Geoportale Regionale

Attraverso il Geoportale Regionale è possibile consultare la documentazione geognostica relativa a indagini pregresse (prevalentemente sondaggi) le quali costituiscono un ottimo data base informativo di partenza. Nel caso delle aree in studio in tabella 6.1, nella planimetria ubicazione indagini di progetto e in figura 6.1 sono elencate le verticali geognostiche più significative per le quali si dispone della stratigrafia dei terreni attraversati.

Sul T. Torbella i sondaggi disponibili evidenziano la presenza di depositi alluvionali per spessori da plurimetri sino a decametri (oltre 20-25 m da p.c.) con i valori massimi attesi in prossimità del Polcevera; la granulometria è prevalentemente ghiaioso sabbiosa anche se non mancano locali orizzonti sabbioso limosi o limoso sabbiosi oltre le profondità di 10-20 m da p.c. Il substrato, rilevato solo nelle indagini più decentrate rispetto all'alveo stesso, è rappresentato da argilliti scistose a giacitura inclinata della Formazione di Montanesi, fratturate, con una coltre di alterazione dello spessore di 1-2 m. Un'unica rilevazione di falda in sinistra del Torbella alla confluenza con il Polcevera rileva una soggiacenza di 1,6 m nel mese di febbraio; un valore che può essere correlato con una condizione invernale intermedia fra massimo e minimo.

Lungo via Piombelli i sondaggi, probabilmente decentrati rispetto all'originaria posizione dell'alveo del Rio Maltempo (qui tombato) riscontrano le argilliti già entro il primo metro di profondità, compatibilmente con alcuni piccoli affioramenti visibili a monte della stessa strada. La roccia ha una struttura descritta come



scistosa e tettonizzata; la giacitura è inclinata.



Figura 6.1 Stralcio Carta indagini geognostiche della Liguria (fonte: geoportale regionale) con ubicazione dei sondaggi disponibili. La linea tratteggiata rossa rappresenta il tracciato della galleria idraulica

Banca dati ambiente Liguria					
Sondaggio	Profondità (m)	Ubicazione	Prove in sito	Litologia	Falda (m da p.c.)
10317	15	Alta sponda destra Rio Maltempo	SPT	0-5m Colluvioni. Da 5-7m argilloscisti alterati. Da 7 a 15 m argilloscisti fratturati con intercalazioni arenacee	9,6
12492	2,5	Via Piombelli	No	Da 0-0,4 m manufatto. Da 0,4 a 2,5 m argilliti	-
11005	12	Via Piombelli	No	Da 0-1,3 riporto. Da 1,3 a 2 argilliti alterate. Da 2 a 12 m argilliti scistose tettonizzate, consistenti, a giacitura inclinata	-
8841	4	Sponda sinistra Polcevera	No	Alluvioni ghiaioso sabbiose	-
9685	25	Sponda sinistra Polcevera	SPT	Alluvioni ghiaioso sabbiose passanti a 18,7 m da p.c. a sabbie limose	1,6
11580	20	Torbella sinistra idrografica	No	Da 0-17,5 ghiaie sabbiose. Da 17,5 a 20 m argille	-
11006	15	Torbella destra idrografica	No	Da 0-5,5 riporto. Da 5,5 a 9,1 ghiaie sabbiose. Da 9,1 a 15 m limi sabbiosi	-
11007	25,5	Destra Torbella	No	da 0-6,2 limi sabbiosi. Da 6,2 a 21,5 ghiaie sabbiose. Da 21,5 a 25,5 argilliti scistose nere a giacitura inclinata	-

Tabella 6.1 Riepilogo sondaggi significativi estratti dal geoportale regionale



In zona collinare si dispone del solo sondaggio 10317 che ricade a margine dell'autostrada ed a monte del tracciato della galleria idraulica. Riporta uno spessore di alcuni metri di materiale interpretabile come una coltre colluviale, o come la porzione superficiale maggiormente alterata del substrato, in appoggio su argilliti (qui descritte come argilloscisti) alterate, friabili e sfaldabili. Da 7 m da p.c. sono argilliti fratturate facilmente sfaldabili con intercalazioni arenacee (Formazione di Montanesi). Viene rilevata una falda a 9,7 m da p.c. Si conferma la modesta soggiacenza del substrato roccioso e la natura argillitica della roccia caratterizzata, come rilevabile anche in affioramento, da una struttura sfaldabile a scaglie minute, pur se a consistenza lapidea, una giacitura inclinata (come osservabile in affioramento e in altri sondaggi) ed un buon grado di fratturazione e/o deformazione.

6.2 Indagini geognostiche di progetto

Le indagini geognostiche per lo sviluppo della progettazione, eseguite dalla ditta TecnoIn di Milano nel periodo compreso fra febbraio e marzo 2022 con la direzione tecnica del gruppo di progettazione, sono descritte nei paragrafi seguenti e comprendono:

- Rilievi geologici di campo;
- Sondaggi a carotaggio continuo con prove in sito e prelievo di campioni;
- Prove di laboratorio su campioni;
- Indagini geofisiche;
- Pozzetti esplorativi in alveo e in corrispondenza dei manufatti di attraversamento.

6.2.1 Rilievi geologici di campagna

Preliminarmente all'avvio dei sondaggi sono stati condotti, direttamente dallo scrivente, rilievi geologici e geomeccanici di campagna volti a verificare la cartografia geologica, geomorfologica ed idrogeologica disponibile, e più in generale ad approfondire la conoscenza del modello geologico di riferimento.

I rilievi di campo hanno riscontrato diffuse condizioni di subaffioramento del substrato roccioso in facies di argilliti appartenenti alla Formazione di Montanesi, in buona coerenza con la carta geomorfologica del PUC, che indica pressoché generalizzate coperture aventi spessore 0,5 – 3 m. E' stato inoltre possibile riscontrare diversi piccoli affioramenti, spesso non cartografabili, lungo ed attorno alla galleria idraulica (specie nel settore più prossimo al Torbella) in corrispondenza delle incisioni torrentizie, di scavi e sbancamenti antropici o a margine della viabilità. La roccia affiora spesso anche sul fondovalle del Rio Maltempo in corrispondenza ed a monte dell'opera di presa, e lungo ambo i fianchi vallivi al di sotto di una copertura di sfasciume della roccia in posto mista a materiale terroso di spessore decimetrico o pluridecimetrico. Affiora anche in prossimità dello sbocco della galleria idraulica a monte di Via Fasciotti.

La roccia è costituita da argilliti emipelagiche e argilliti siltose da grigio scuro a nere in strati da centimetrici a pluri-decimetrici spesso poco evidenti, con subordinate intercalazioni di arenarie siltose fini laminate grigie, di spessore da centimetrico a pluri-centimetrico, e locali vene di quarzo di spessore centimetrico. Frequentemente la struttura appare fortemente deformata per effetto delle sollecitazioni tettoniche subite in ambiente prevalentemente duttile; a causa di ciò la stratificazione risulta sovente poco riconoscibile a



discapito di una fitta laminazione pervasiva che caratterizza l'intero ammasso. Localmente si osserva una pseudo stratificazione indotta da pieghe isoclinali strizzate a piccolo raggio con interruzione della continuità degli strati arenacei. Dove la giacitura è visibile essa dirige verso Est o Sud Est con immersione di 40°-60°, in coerenza con la cartografia geologica da fonte bibliografica. Tendenzialmente nel corso dei rilievi di campo, e fermo restando l'estrema variabilità e complessità che caratterizza questa unità, si nota un incremento del grado di fratturazione procedendo dalla porzione inferiore dell'unità di Montanesi verso quella superiore (dallo sbocco della galleria verso l'opera di presa, per intendersi) anche questo in coerenza con la bibliografia geologica che pone una superficie di contatto tettonico al passaggio con la sovrastante Formazione di Ronco. La stessa bibliografia non segnala la presenza di faglie in seno a questa unità, ed alle altre unità torbiditiche in genere. Ciò non deve trarre in inganno perché queste rocce sono state coinvolte da fenomeni tettonici molto spinti e soggette a sovrascorrimenti interni tali per cui un loro elemento caratterizzante è proprio la presenza di zone e fasce di intensa deformazione, di fratturazione sino ad accavallamento tettonico, che similmente a quanto sopra descritto tendono ad aumentare verso il tetto dell'unità.

Le fratture sono spesso parallele ai piani di foliazione che evidentemente costituiscono zone di debolezza ma non mancano, anche se con frequenza decisamente minore, fratture ad essi perpendicolari. Sono inoltre lisce, lucide, ondulate o planari, chiuse o moderatamente aperte, prive di riempimento, con riempimento limoso o più raramente quarzoso, solo talvolta carbonatico.



Figura 6.2 A sinistra argilliti con struttura fissile e noduli di quarzo affioranti in asse galleria. A destra argilliti lungo la sponda destra del Rio Maltempo in zona opera di presa

L'ammasso è caratterizzato da una foliazione di aspetto scaglioso con marcata fissilità che di fatto separa la roccia in lastrine lucenti e tenaci. Il volume roccioso unitario atteso è quindi sempre modesto. Sul terreno le superfici di laminazione evidenziano una ossidazione con sviluppo di patine limoso argillose. La pedogenesi determina una coltre di alterazione che si spinge sino a 4-6 m di profondità; in tale ambito l'ammasso si presenta fortemente degradato, a tratti argillificato inglobante nuclei lapidei, con consistenza progressivamente crescente verso il basso. Il passaggio fra la porzione alterata e quella sana è solitamente abbastanza netto.

Dallo sbocco della galleria ovvero da via Fasciotti verso valle le opere interessano i depositi alluvionali a



composizione granulare del Torrente Torbella. Trattasi di ciottoli anche grossolani con ghiaie e sabbie in debole matrice limosa. Localmente al piede del versante possono inglobare coltri colluviali e/o accumuli di frana composti da argilliti fortemente alterate e quasi completamente argillificate con frammisti elementi e blocchi lapidei eterometrici; in ogni caso in prossimità dei versanti una maggior presenza di frazione fine nella matrice comporta una riduzione locale della permeabilità.



Figura 6.3 Alveo del Torrente Torbella a valle dello sbocco della galleria idraulica con materiale granulare grossolano

6.2.2 Sondaggi a carotaggio continuo

Per una verifica e approfondimento del modello geologico dedotto dai rilievi in sito e dalle indagini pregresse sono stati eseguiti n° 5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con prelievo di campioni geotecnici indisturbati e rimaneggiati, campioni ambientali, prove in sito tipo SPT, Lefranc e/o Lugeon. Le caratteristiche principali dei sondaggi sono riepilogate in tabella 6.2, e la relativa ubicazione in figura 6.4.

Sondaggi 2022															
Sondaggio	Quota (mslm)	Profondità (m)	Strumentazione	Spessore depositi di copertura (m)	Tipo depositi di copertura	Substrato argillitico (RQD medio)	Campioni rimaneggiati	Campioni litoidi	Campioni indisturbati	Campioni ambientali	SPT	Lefranc	Lugeon	Falda (m da pc)	Falda (mslm)
S01	46.34	40	Piezometro	18.5	Riporto	30-70%	2	5			0		2	17.95	28.39
S02	40.7	25	Piezometro	8	Colluvioni	30-60%	2	4		1	2		2	6.5	34.2
S03	52.7	45	Sigillato	8	Colluvioni	0-50%	2	6			0		2		
S04	23.99	18	Piezometro	18	Colluvioni		6		1	3	4	2	0	5.95	18.04
S05	17.5	20	Piezometro	9	Alluvioni	20-50%	2	4		1	3	1	1	2.42	15.08

Tabella 6.2 Sondaggi a carotaggio continuo anno 2022

Le profondità raggiunte dai carotaggi sono variabili fra 40 m e 18 m spingendosi, nei tratti in galleria, al di sotto delle minime quote di scavo. Ad eccezione del sondaggio S03 le perforazioni sono attrezzate con piezometro a tubo aperto per il monitoraggio dei livelli di falda nel tempo. Per una prima indicazione



generale la tabella distingue lo spessore e la tipologia di deposito di copertura in appoggio sul substrato roccioso. Nei piezometri si sono rilevati i livelli idrici indicati in tabella in termini sia di soggiacenza che di quota; la falda staziona nei depositi di copertura al di sopra del substrato roccioso scarsamente permeabile.



Figura 6.4 Ubicazione sondaggi anno 2022

Nello specifico:

- Il sondaggio S1 è stato eseguito sul rilevato che sbarra il Rio Maltempo a valle dell'opera di presa e del viadotto autostradale. Attraversa 18,5 m di materiale di riporto prima di intercettare il substrato roccioso. Profondo 40 m è attrezzato con piezometro a tubo aperto.
- Il sondaggio S2 ricade in una lieve depressione morfologica (affluente in destra del Rio Maltempo) a margine della galleria idraulica. Profondo 25 m, attrezzato con piezometro, ha attraversato una coltre colluviale potente 8 m prima di raggiungere il substrato roccioso.
- Il sondaggio S3 si trova, compatibilmente con l'accessibilità delle aree, in posizione circa centrale e di maggiore copertura della galleria. Profondo 45 m riscontra una coltre colluviale di spessore 8 m, o nella peggiore delle ipotesi 14,90 m, prima di raggiungere un substrato roccioso che palesa un grado di fratturazione maggiormente elevato rispetto a quanto riscontrato nelle altre perforazioni;
- Il sondaggio S4 è stato eseguito poco oltre lo sbocco della galleria, in corrispondenza dello scatolare di raccordo con il Torbella. Fra quelli eseguiti è l'unico che non raggiunge il substrato roccioso. In quest'ambito i depositi di copertura carotati sono interpretabili come materiale di riporto seguito da argilliti, marne e argille riconducibili ad un deposito colluviale o, più probabilmente, ad



un antico corpo di frana. Profondo 18 m, attrezzato con piezometro, rileva una falda a circa 6 m da p.c.;

- Il sondaggio S5 è stato eseguito lungo l'alveo del Torrente Torbella in un punto accessibile alla sonda. Profondo 20 m dopo aver attraversato alluvioni grossolane raggiunge il substrato roccioso alla profondità di 9 m da p.c. Tale modesta soggiacenza della roccia in posto viene interpretata come una locale culminazione legata alla prossimità del rilievo montuoso. È attrezzato con piezometro; la falda a marzo 2022 si attesta a 2,42 m da p.c., un valore da intendersi come intermedio fra il massimo ed il minimo impinguamento.

I risultati delle prove di laboratorio geotecnico sui campioni sono riepilogati in tabella 6.3. Rimandando alla relazione geotecnica per una più dettagliata disamina delle prove di caratterizzazione e dei relativi risultati, risulta che il materiale di riporto con cui è realizzato il rilevato che sbarrava il corso del Rio Maltempo è composto da ghiaie sabbiose debolmente limose. Analogamente la coltre colluviale è composta da ghiaie sabbiose limose, o più raramente da sabbie ghiaiose limose o limi argillosi.

Le alluvioni sono ghiaie grossolane e medie con sabbia e frazione fine subordinata (1-5%); sono presenti anche ciottoli che per le loro dimensioni non sono stati campionati nel corso dei sondaggi.

Il substrato roccioso ha peso di volume medio di 25 kN/mc con punte fino a 28 kN/m ed una resistenza a compressione semplice variabile fra 4 – 11 MPa, con un valore sino a 22 MPa. La resistenza a trazione è 0,59 Mpa.



c_d969.Comune di Genova - Prot. 22/11/2022.0445245.E

Sondaggio	Campione	Unità	Prof (m)	γ (kN/mc)	W %	Porosità (%)	e	Sr (%)	Ciottoli (%)	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo %	Argilla (%)	Wl %	Wp %	Ip	Φ (°)	c' (kPa)	ELL (Mpa)	σc (Mpa)	Trazione (MP)	Point Load Is50 (Mpa)	σc da Is50 (Mpa)		
S01	CR01	Riporto	6.5							61.5	23.5	13	2	22	15	7									
	CR01	Riporto	15.5							63	20	11	6	23.2	17.8	5.4							1.16	18.56	
	CL01	Argilliti	25																				1.07	17.12	
	CL02	Argilliti	26																						
	CL03	Argilliti	27.5	25.3																	4.4				
	CL04	Argilliti	32	27.13																		0.59			
S02	CR01	Colluvioni	2							41.5	32.5	18.5	7.5												
	CR02	Colluvioni	3							45	23	21	11												
	CR03	Colluvioni								53	29.5	14.5		3	ND	ND	ND								
	CL01	Argilliti	12	27.38																		11.19			
	CL02	Argilliti	17.5	25.98																		3.8			
	CL03	Argilliti	20																					0.46	7.36
S03	CR01	Colluvioni	7							42	37	17	4	22.9	16.35	6.55									
	CR02	Colluvioni	13							13	45	30	12	37	29.5	7.5									
	CL01	Argilliti	23																					1.74	27.84
	CL02	Argilliti	28																					1.72	27.52
	CL03	Argilliti	34.3																					0.94	15.04
	CL04	Argilliti	38	28.85																		17.59			
S04	CR01	Colluvioni	40	27.53																	8.7				
	CL05	Argilliti	42.8																					0.78	12.48
	CR01	Colluvioni	3.5	18.5	23.2					24.5	40.5	15	20	53.2	35.93	17.3	31.22	21.7							
	CR02	Colluvioni	5.5	19	24.98					20.5	45.5	14	20	44.8	26.67	18.1	32.05	19.5							
	CR03	Colluvioni	8.5	19.48	20.93					29	23	34	14	41	25.6	15.4	33.39	17.3							
	CR04	Colluvioni	11.5							38	27.5	23	11.5												
S05	CR05	Colluvioni	14.5							27	40	22.5	10.5	33.4	21.94	11.5									
	CR06	Colluvioni	17.5							0	40	23.5	4.5												
	CL01	Colluvioni	17	21.15	18.63	34.29	0.52	96.81		36	28.5	22	13.5	36.2	20.15	16.1					0.163				
	CR01	Alluvioni	1.5							59.5	28.5	11	1	ND	ND	ND									
	CR02	Alluvioni	5.5							57.5	24.5	12.5	5.5	ND	ND	ND									
	CL01	Argilliti	12	25.88																				7.3	
CL02	Argilliti	13.5	24.33																				6.9		
CL03	Argilliti	14.4	25.14																						
CL04	Argilliti	16	27.47																				4.1		
CL05	Argilliti	18.5	25.65																				22.9		

Tabella 6.3 Risultati prove di laboratorio sui sondaggi

Nel corso dei sondaggi sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc nei terreni di copertura e Lugeon nel substrato roccioso, i cui valori sono riepilogati rispettivamente in tabella 6.4 e tabella 6.5.

Sondaggio	Profondità prova (m)	Litologia	Unità	K (m/s)
S04	5.5-6.0	Limo argilloso sabbioso	Colluvioni	1.4 E-5
S04	14.5-16.0	Limo argilloso sabbioso	Colluvioni	1.3 E-5
S05	8.5-9.0	Ghiaia in matrice sabbioso limosa	Alluvioni	7.4 E-6

Tabella 6.4 Risultati prove Lefranc

Sondaggio	Profondità prova (m)	Litologia	Unità	K (m/s)
S1_LG01	26.0-30.2	Argillite fratturata	Argilliti di Montanesi	5.64E-07
S1_LG2	36.7-40	Argillite fratturata	Argilliti di Montanesi	7.65E-07
S2_LG1	13.0-17.0	Argillite fratturata	Argilliti di Montanesi	1.364E-06
S2_LG2	18.0-21.0	Argillite fratturata	Argilliti di Montanesi	7.13E-07
S3_LG1	23.0-27.0	Argillite fratturata	Argilliti di Montanesi	6.15E-07
S3_LG2	39.0-43.0	Argillite fratturata	Argilliti di Montanesi	6.42E-07
S5_LG1	14.0-17.0	Argillite fratturata	Argilliti di Montanesi	9.59E-07

Tabella 6.5 Risultati prove Lugeon



Rispetto alle indagini pregresse la permeabilità delle alluvioni risulta inferiore e si ritiene poco rappresentativa del materiale attraversato. È possibile che la prova sia stata condizionata e falsata dal fatto che è stata eseguita in corrispondenza del tetto del substrato argillitico. La permeabilità delle argilliti con un valore intorno a 10^{-7} m/s è invece superiore rispetto alle indagini pregresse le quali, con buona congruenza fra loro, forniscono valori medi di 10^{-8} m/s. Tale differenza potrebbe essere imputabile ad un maggior grado di fratturazione locale o alla modalità di esecuzione della prova.

6.2.3 Geofisica

I sondaggi sono coadiuvati da indagini geofisiche rappresentate da n° 3 stendimenti di sismica a rifrazione in onde P ed S, rispettivamente:

- Traversa R1 da 46 m lungo il rilevato di sbarramento del Rio Maltempo a valle dell'autostrada e dell'opera di presa;
- Traversa R2 da 46 m lungo il sentiero in sponda sinistra del Rio Maltempo all'altezza dell'opera di presa;
- Traversa R3 da 115 m fra lo sbocco della galleria idraulica e la confluenza nel Torrente Torbella.

I risultati sono riepilogati in tabella.

Traversa sismica	Ubicazione	Risultato
R1	Rio Maltempo terrapieno	Da pc a 13 m Vp < 1200 m/s. Da 13 m a 18 m Vp fra 1200-1600 m/s. Picco in zona centrale (scatolare?)
R2	Rio Maltempo strada in Sx	Da pc a 2 m Vp 1000-1600 m/s. Da 2 m a 11 m Vp fra 1800 m/s e oltre 3000 m/s. Strato con velocità pari o inferiori a 1000 m/s non superiore a 1 m
R3	Scatolare sbocco	Da pc a 12 m materiali molto eterogenei con variazioni laterali di velocità che si mantengono <1000 m/s .Da 12 m a 14 m Vp comprese fra 1000-1100 m/s

Tabella 6.6 Riepilogo traverse sismiche

La traversa R1 è impostata sul terrapieno che sbarra l'alveo e rileva un materiale discretamente addensato in appoggio a circa 13-18 m da p.c. sul substrato roccioso, in buona coerenza con il sondaggio S1 e con le indagini di caratterizzazione del sito di Via Piombelli. L'incremento di velocità nel tratto centrale può essere ricondotto alla presenza dello scatolare in cls.

La traversa R2 restituisce un substrato roccioso affiorante o subaffiorante con una coltre di alterazione o di copertura di spessore nell'ordine di 1 m o inferiore. Le velocità delle onde sismiche sono in linea con quelle rilevate nelle indagini pregresse, e sono indicative di una roccia a tratti anche molto compatta. Nei rilievi di campagna la roccia affiora in più punti a margine del sentiero.

La traversa R3 in congruenza con il sondaggio S4 conferma la presenza di materiali eterogenei, assimilabili ad un deposito sciolto, per buona parte della profondità indagata e comunque per tutto lo spessore coinvolto dai lavori. Le velocità delle onde di compressione sono tendenzialmente basse ed inferiori a 1.000 m/s per profondità superiori nell'ordine di 20 m da p.c.

Sono state eseguite anche n° 4 coppie composte da n° 1 Masw e n° 1 Remi per la determinazione della



categoria di suolo di fondazione ai sensi delle NTC 2018, e per tentare l'estrapolazione di ulteriori informazioni stratigrafiche. Queste indagini sono ubicate rispettivamente:

- Sul terrapieno che sbarrava il Rio Maltempo;
- Sul sentiero in sinistra idrografica del Rio Maltempo;
- Sullo scatolare di sbocco;
- Lungo l'alveo del Torrente Torbella all'altezza del ponte stradale.

I risultati delle prove sono riepilogati in tabella.

Numero	Ubicazione	Vseq	Profondità (m da pc)	Range	Substrato sismico (m da p.c.)	Coerenza Masw-ReMi	Categoria suolo fondazione
Masw1	Terrapieno Rio Maltempo	380	30	270-480	No		B
Masw2	Rio Maltempo strada in Sx	381	30	270-480	No		B
Masw3	Scatolare sbocco	381	30	212-809	23.7		B
Masw4	Rio Torbella	381	30	221-818	25		B
Remi1	Terrapieno Rio Maltempo	384	90	261-641	No	Ottima	B
Remi2	Rio Maltempo strada in Sx	413	90	381-516	No	Buona	B
Remi3	Scatolare sbocco	476	90	354-1514	28.2	Mediocre	B
Remi4	Rio Torbella	425	90	290-860	27	Buona	B

Tabella 6.7 Risultati prove Masw e Remi

In tutti i casi le velocità delle onde sismiche sono regolarmente crescenti verso il basso con una categoria di suolo di fondazione tipo B. Salvo la Masw/Remi 3 è buona o ottima la correlazione fra Masw e Remi.

Le argilliti si dimostrano un materiale caratterizzato da velocità delle onde di taglio non particolarmente elevate e tale da non poter essere sempre considerato un substrato sismico ($V_s < 800$ m/s).

Sullo scatolare di sbocco in sinistra del Torbella il substrato roccioso può essere individuato fra 24-28 m da p.c., quindi a profondità ampiamente superiore a quella interessata dai lavori.

Sul Torrente Torbella all'altezza del ponte stradale il substrato roccioso si attesta fra 25-27 m da p.c., anche se non può escludersi a priori che una porzione alterata possa trovarsi già a circa 15 m da p.c.

6.2.4 Pozzetti esplorativi

Lungo il Torrente Torbella nel tratto compreso fra lo sbocco della galleria scolmatrice fino alla confluenza nel Torrente Polcevera sono presenti muri di contenimento laterali e diversi ponti che attraversano l'alveo, prevalentemente ferroviari e in un caso stradale, ad una o due campate. In particolare, da monte verso valle si riconosce:

1. Una passerella carrabile su via Fasciotti di accesso ad una serie di unità residenziali. Non ha fondazioni in alveo.
2. Un ponte ferroviario in muratura ad arco a due campate con una pila in alveo;
3. Un ponte ferroviario in cls ad una campata;
4. Un ponte ferroviario in muratura ad arco ad una campata;
5. Un ponte stradale in cls a due campate con una pila in alveo;
6. Un ponte ferroviario in muratura ad arco a 3 campate con una pila in alveo,



7. Una piccola passerella pedonale in cls con una pila in alveo;

Lungo il Torrente Torbella sono presenti muri che delimitano in sinistra Via Passo Torbella ma anche edifici, proprietà private, un parcheggio ed altre pertinenze in destra e sinistra.

Poco prima dell'immissione del Torbella nel Polcevera è presente una tubazione che scarica il proprio contenuto all'interno dell'alveo in prossimità della sponda destra. Le informazioni raccolte sulla base dell'analisi della cartografia dell'ente gestore indicano che dovrebbe trattarsi di acque bianche; tuttavia, dai sopralluoghi condotti tali acque risultano marcatamente contaminate da liquidi fognari. La tubazione in argomento si trova sotto al ponte ferroviario poche decine di metri a NW rispetto ai pozzi di IREN Acque.



Figura 6.5 Scarico della fognatura in sponda destra del Torbella all'altezza della confluenza con il Polcevera

Nell'ambito della campagna d'indagine impiegando un piccolo escavatore sono stati eseguiti alcuni pozzetti esplorativi per mettere in luce le caratteristiche dei terreni e la fondazione delle opere che in qualche modo potrebbero interferire con i lavori di riprofilatura dell'alveo. Per ulteriori approfondimenti si veda l'elaborato II151F-PD-IND-R002. In tabella seguente sono riepilogati i risultati dei saggi sui pozzetti, ed in figura la relativa ubicazione con la numerazione dei ponti richiamata in questo documento.



Pozzetto	Quota (mslm)	Profondità (m)	Litologia	Campioni rimaneggiati	Campioni ambientali	Opera	Profondità fondazione (m)	Note
P1	16.6	1	Ghiaia con sabbia	1		Ciottoli 11.5%, ghiaie 72.5%, sabbie 10.5%, limi e argille 5.5%		
PE1	16.61	2	Ghiaia con sabbia e limo			Tombotto Sx	0.8	
PE2	17.35	2.7	Ghiaia con sabbia e limo			Spalla ponte FFSS (n 4)	>2.7	
PE3	16.85	1.2	Ghiaia con sabbia e limo			Condominio DX	1	
PE4	17.43	2.8	Ghiaia con sabbia e limo			Muro via Torbella	>2.8	
PE5	17.2	1.1	Ghiaia con sabbia e limo			Ponte stradale pila (n 5)	>1.1	Presenza di gabbioni
PE6	16.83	0.8	Ghiaia con sabbia e limo			Ponte stradale spalla (n 5)	>0.8	
PE7	16.33	1.4	Ghiaia con sabbia e limo			Muro via Torbella	1.4	
PE8	16.28	2.8	Ghiaia con sabbia e limo		2	Muro campo sportivo dx	0.2	
PE9	15.72	2.5	Ghiaia con sabbia e limo			Pila ponte FFSS (n. 6)	2.5	
PE10	15.74	1.4	Ghiaia con sabbia e limo			Spalla ponte FFSS (n. 6)	0.9	Blocchi in fondazione
PE10bis	15.28	0.7	Ghiaia con sabbia e limo			Spalla ponte FFSS (n. 6)	0.5	Blocchi in fondazione
PE11	18.05	1.5	Ghiaia con sabbia e limo			Spalla ponte FFSS (n. 3)	1.1	Interferenza con tubo
PE12	18.62	2.1	Ghiaia con sabbia e limo			Pila ponte FFSS (n. 2)	>3	Interferenza con tubo
PE12bis	18.55	3	Ghiaia con sabbia e limo			Pila ponte FFSS (n. 2)	>3	Interferenza con tubo
PE13	18.82	0.5	Ghiaia con sabbia e limo			Spalla ponte FFSS (n. 2)	>0.5	Interferenza con tubo
PE13bis	18.85	2.5	Ghiaia con sabbia e limo			Spalla ponte FFSS (n. 2)	>2.5	

Tabella 6.8 Riepilogo pozzetti esplorativi

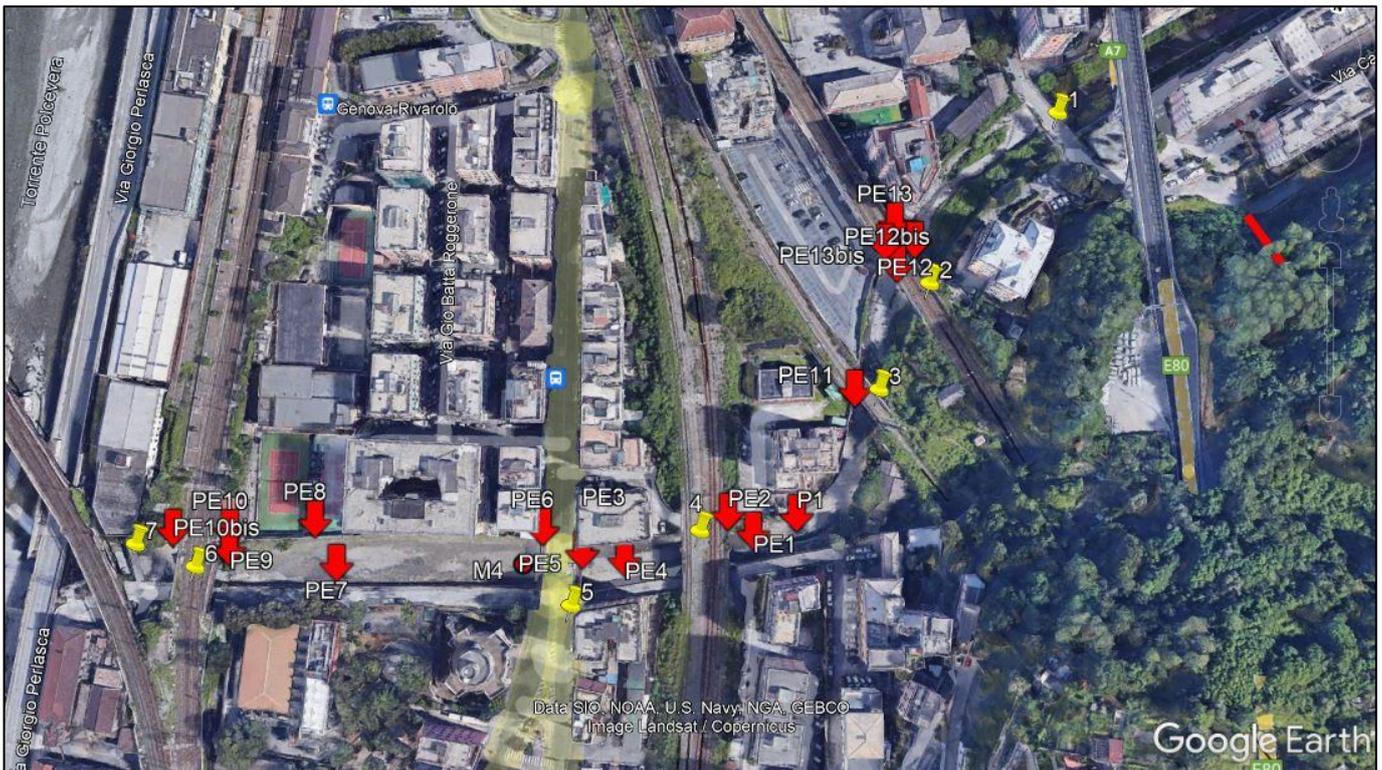


Figura 6.6 Ubicazione pozzetti e numerazione dei ponti elencati in questo documento

Il pozzetto P1 è stato eseguito con lo scopo di prelevare un campione di terreno di grande volume da sottoporre ad analisi granulometrica. La prova, maggiormente rappresentativa rispetto al prelievo effettuato in sondaggio, rileva una composizione ghiaioso ciottoloso sabbiosa con scarsa frazione fine.

Tutti i pozzetti, che sono stati spinti sino a profondità variabili fra un minimo di 0,5 m ed un massimo di 3,0



m da p.c., riscontrano un deposito alluvionale grossolano ghiaioso ciottoloso sabbioso in scarsa matrice fine composto da diversi tipi litologici, con una prevalenza di termini argilifici e manosi e subordinati calcari. In quasi tutti gli scavi è stata rilevata una presenza, seppur sporadica, di plastica, frammenti di vetro e laterizi. In nessun caso è stata intercettata la falda idrica che evidentemente, all'atto delle prove (marzo 20022), si attestava a profondità superiori. Ogni colonna stratigrafica redatta si accompagna con uno schizzo che evidenzia, per quanto è stato possibile accertare, i rapporti fra terreni presenti ed opere in fondazione. Rimandando alle schede prodotte per maggiori dettagli, i saggi hanno evidenziato come le fondazioni delle opere d'arte (sia ponti che muri) siano di tipo diretto in appoggio sui depositi alluvionali con interposizione, in alcuni casi (ponte ferroviario identificato con il numero 6) di grossi blocchi lapidei. Talvolta addossate alle pile si sono rinvenute tubazioni riconducibili a sottoservizi idrici o fognari. Come già esposto una condotta, ora interrata ora più superficiale e protetta da un tombotto in cls, si sviluppa lungo l'alveo del Torrente Torbella ponendosi ora in destra ora in sinistra idrografica.



7. CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO

L'intervento in progetto può essere schematicamente diviso in due settori:

1. Settore di competenza dello scolmatore del rio Maltempo con annessa opera di presa;
2. Settore lungo ed a margine del T. Torbella;

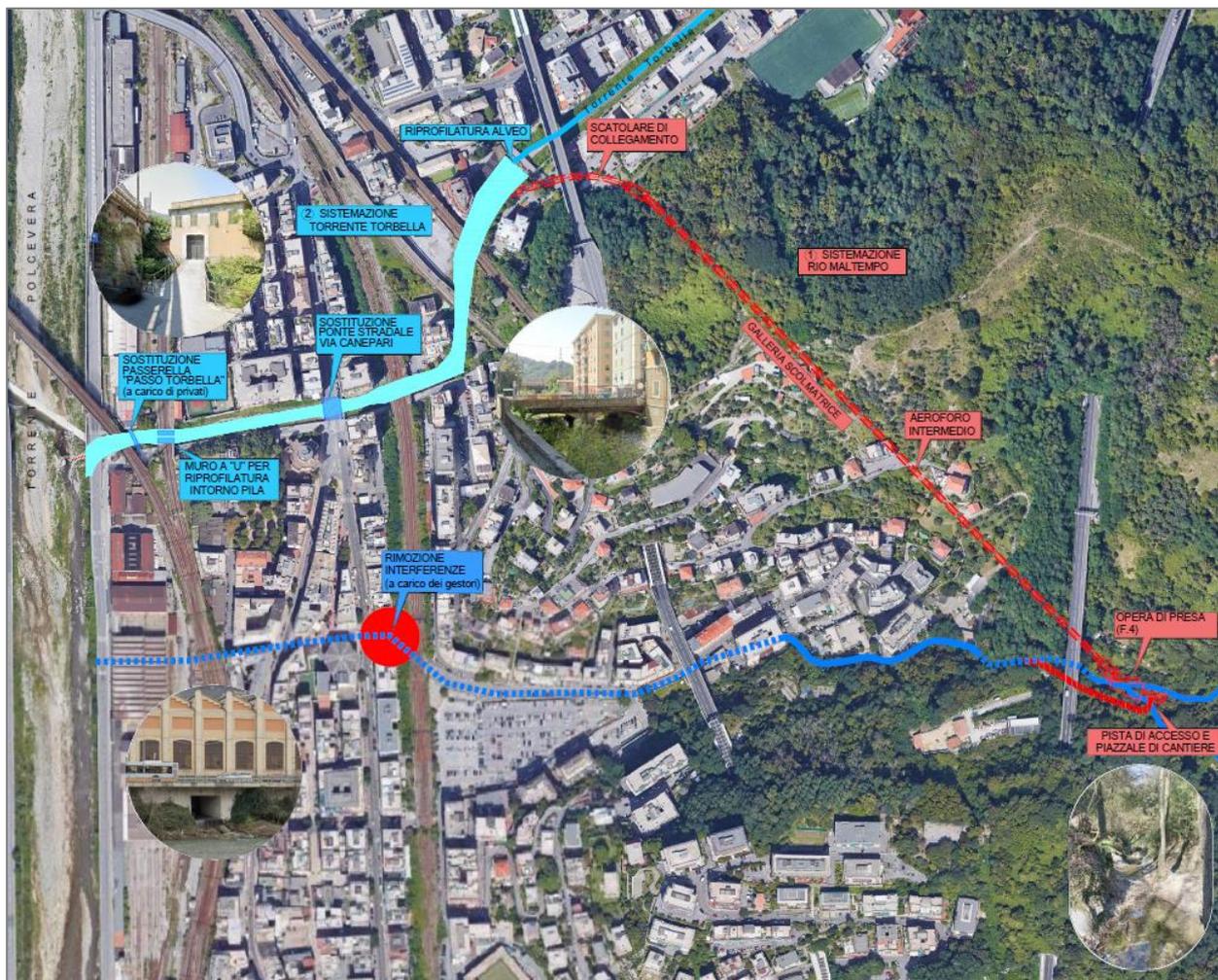


Figura 7.1 Corografia generale del progetto

La galleria è stata studiata in maniera tale da evitare ogni interferenza con possibili dinamiche superficiali garantendo al contempo un'adeguata copertura sopra la calotta. Esso non interferisce in alcun modo con aree urbanizzate. Lo scavo si sviluppa interamente in un substrato lapideo rappresentato dalle argilliti di Montanesi riscontrate in affioramento e nel corso delle indagini geognostiche puntualmente eseguite. Anche l'opera di presa sul T. Torbella non interferisce con aree urbanizzate e si imposta interamente nel substrato lapideo. Per una più sicura gestione degli scavi, preso atto che l'opera si posiziona sul fondo dell'alveo del Rio Maltempo dove le pendenze trasversali del pendio sono significative, si sono adottate opere di sostegno costituite da paratie di micropali accostati.

Allo sbocco della galleria la portata scolmata viene immessa nel T. Torbella. Ciò ha reso necessario



intervenire entro e nell'intorno del T. Torbella nel tratto compreso fra lo sbocco della galleria scolmatrice e la confluenza nel torrente Polcevera. I lavori in quest'ambito interessano depositi alluvionali prevalentemente granulari, in appoggio sul substrato delle argilliti di Montanesi, con falda idrica di subalveo a modesta profondità caratterizzata da una spiccata variabilità stagionale. Nell'ambito del T. Torbella il progetto ha previsto:

- a) la realizzazione di un manufatto scatolare che in sponda sinistra collega direttamente l'alveo del T. Torbella con la galleria scolmatrice;
- b) una riprofilatura dell'alveo del T. Torbella al fine di renderlo idoneo a smaltire le portate ivi immesse attraverso la galleria scolmatrice;
- c) interventi di consolidamento delle fondazioni di opere esistenti, rifacimento del ponte stradale su Via Canepari e di una passerella pedonale poco a monte della confluenza con il Polcevera.

Per quanto risulta dal Piano degli Interventi di Mitigazione del Rischio del Piano di Bacino Stralcio del Torrente Polcevera sulla parte terminale del Torbella sono stati già realizzati in passato interventi in alveo con riprofilatura del fondo ed asportazione del materiale di accumulo, oltre a locali allargamenti e interventi di protezione di sponda. Fra gli ulteriori interventi previsti dallo stesso Piano figurano inoltre proprio l'adeguamento del ponte di Via Canepari, la cui pila in alveo costituisce un ostacolo al deflusso delle piene, e la demolizione della passerella pedonale.

Stante la presenza di depositi alluvionali lungo e nell'intorno del T. Torbella e preso atto dell'attraversamento di un'area urbanizzata il progetto:

- nello scatolare posto allo sbocco della galleria scolmatrice evita scavi non sostenuti inserendo opportune opere di sostegno;
- minimizza gli scavi di riprofilatura in alveo evitando al contempo possibili interferenze con i muri di sponda e più in generale con le strutture che perimetrano l'alveo stesso;
- consolida le fondazioni dei ponti e viadotti che attraversano il T. Torbella nelle aree soggette a scavi di riprofilatura in qualche modo significativi;



8. INTERAZIONI OPERE TERRENI

Nel presente capitolo ed in ottemperanza alla prescrizione formulata si descrivono le possibili interazioni fra lo svolgimento dei lavori, i livelli di ricarica e la qualità delle acque dei pozzi a uso idropotabile gestiti da IREN Acque.

8.1 Effetti delle opere sulla falda del Torbella

I lavori in progetto riguardano una galleria idraulica con la relativa opera di presa, uno scatolare di collegamento in sinistra del T. Torbella a margine di Via Fasciotti, e la riprofilatura dello stesso alveo del Torrente Torbella fra lo sbocco della galleria idraulica e l'immissione nel Torrente Polcevera. Lungo il Torbella è prevista anche la demolizione di una passerella pedonale e il rifacimento del ponte di Via Canepari, interventi questi che permettono di migliorare il deflusso delle acque e, come esposto in precedenza, erano già previsti nel piano degli interventi di mitigazione del rischio allegato al Piano di Bacino Stralcio del Torrente Polcevera.

La galleria idraulica ha diametro di scavo di circa 4 m e lunghezza 538 m. Come risulta dalla carta geologica e dal profilo geologico si sviluppa interamente nelle argilliti di Montanesi, una formazione strutturalmente complessa caratterizzata da valori di resistenza relativamente modesti, una marcata fissilità e scagliosità, elevata variabilità laterale e verticale del grado di fratturazione, alterabile nel tempo con decadimento delle resistenze in caso di contatto prolungato con l'acqua ma anche con l'aria. La giacitura è immergente verso E o SE, il che considerando una direzione di scavo da valle verso monte significa a reggipoggio rispetto al versante. Dalla cartografia geologica non risulta la presenza di faglie evidenti lungo l'opera, ma ciò è solo da attribuirsi alla particolare struttura di questa unità che ha un comportamento fragile/duttile ed è composta da accavallamenti tettonici interni non riconoscibili in campo, ma certamente presenti e testimoniati da una struttura fortemente deformata accompagnata da fasce diversamente fratturate. Il sostegno degli scavi in sotterraneo sarà favorito dalle ridotte dimensioni della sezione. L'avanzamento in ragione delle caratteristiche della roccia e delle coperture privilegia l'adozione di centine e spritz beton; più limitatamente di una sezione dotata di spritz beton fibrorinforzato e chiodi radiali al contorno. Interventi di preconsolidamento al fronte potranno essere previsti a titolo cautelativo in zona d'imbocco e per far fronte ad eventuali zone di particolare disturbo tettonico che potranno incontrarsi lungo lo scavo, nonché nei tratti in allargamento.

Per un breve tratto la galleria di derivazione sottopassa l'impronta di un'area, immediatamente a valle del viadotto autostradale, dove sono stoccati rifiuti non autorizzati. L'interferenza è solo planimetrica ed apparente in quanto lo stoccaggio di rifiuti si limita a profondità modeste ed ai terreni di riporto, mentre la galleria si sviluppa in argilliti scarsamente permeabili mantenendo un setto di roccia, rispetto al letto del riporto, non inferiore a 10 m.

L'opera di presa è collocata sul fondovalle del Rio Maltempo. In quest'area si registra una diffusa presenza del substrato roccioso con condizioni di reggipoggio in sinistra idrografica e franapoggio in destra. Lungo le sponde la roccia è ricoperta e/o occultata da una coltre colluviale e dalla fitta vegetazione per spessori pellicolari (da centimetrici a decimetrici), ma che localmente possono dare origine a sacche maggiori anche



se tendenzialmente non superiori a 1-2 m.

La formazione delle argilliti di Montanesi, entro cui si sviluppa la galleria, è sostanzialmente impermeabile ($K= 10^{-8}$ m/s); dato questo confermato dalla documentazione di pianificazione territoriale, documentazione bibliografica, indagini pregresse e indagini eseguite. Non sono censite sorgenti entro e nell'intorno dei lavori, anche se la documentazione consultata inerente allo stoccaggio incontrollato di rifiuti a valle dell'autostrada riporta la presenza di una piccola emergenza idrica che, probabilmente perché captata e allontanata nell'ambito della messa in sicurezza del sito, non è stata riscontrata in sede di sopralluogo. Non sono da attendersi effetti tangibili derivanti dallo scavo sulla sottile, effimera e discontinua presenza idrica che nel corso dei sondaggi è stata riscontrata in seno alla porzione superficiale maggiormente alterata della roccia. Durante lo scavo in sotterraneo la roccia si presenterà da asciutta a umida, ma non mancheranno tratte con condizioni di stillicidio più o meno intenso specie in corrispondenza di fasce maggiormente fratturate e/o dell'intercettazione di intercalazioni arenacee. Le quantità d'acqua drenate nel cavo non saranno tali da condizionare direttamente le operazioni di scavo, anche tenuto conto che la pendenza della galleria diretta verso valle ne favorisce lo smaltimento. Si dovrà però sempre fare in modo di allontanare tali acque evitando accumuli in sotterraneo che potrebbero compromettere la stabilità della sezione e dei rivestimenti a causa della comprovata alterabilità e degradabilità della roccia proprio a contatto con l'acqua.

Dal punto di vista idrogeologico lo scavo della galleria idraulica, con relativa opera di presa e pozzi, non può influire in alcun modo sul livello qualitativo e quantitativo dei pozzi per acqua censiti e gestiti da IREN Acque alla confluenza con il Polcevera.

Se proprio vi è una differenza fra la fase ante operam e post operam essa è legata al fatto che la galleria idraulica convoglierà durante tutto l'anno le acque drenate nell'attraversamento dell'ammasso roccioso verso il T. Torbella; contestualmente la stessa galleria drenerà durante gli eventi di piena la maggior parte delle acque del Rio Maltempo sempre verso il Torrente Torbella. Da ciò deriva un aumento del deflusso superficiale nel Torbella, con conseguente aumento dei volumi d'acqua immagazzinati nella falda di subalveo la quale trae alimentazione in maniera prevalente proprio dalle dispersioni in alveo.

Fra galleria scolmatrice e l'alveo del Torrente Torbella si colloca una struttura scatolare di collegamento che rimane circa 400 m in linea d'aria a monte dei pozzi di IREN Acque. Il sondaggio S4 ha qui rilevato la presenza, per l'intera profondità di scavo, di un deposito argillitico marnoso poco permeabile attribuibile ad una coltre colluviale o di antica frana. I bassi valori degli SPT e di velocità delle onde sismiche avvalorano l'ipotesi che possa trattarsi di un terreno colluviale assimilabile a materiale sciolto. Esso, verosimilmente, lungo lo sviluppo dello scatolare passa lateralmente a depositi alluvionali. La presenza di materiali sciolti, di una viabilità locale, di fabbricati e di un viadotto autostradale ha imposto il ricorso ad un contenimento degli scavi mediante paratie di pali. La falda dai rilievi effettuati sul piezometro installato si pone al di sotto degli scavi. Non può escludersi che a seguito di eventi di piena essa possa risalire per periodi più o meno brevi al di sopra della minima quota di progetto.

In figura 8.1 si riporta uno stralcio del profilo geologico di progetto riferito al tratto compreso fra l'opera di presa, galleria scolmatrice e scatolare di collegamento

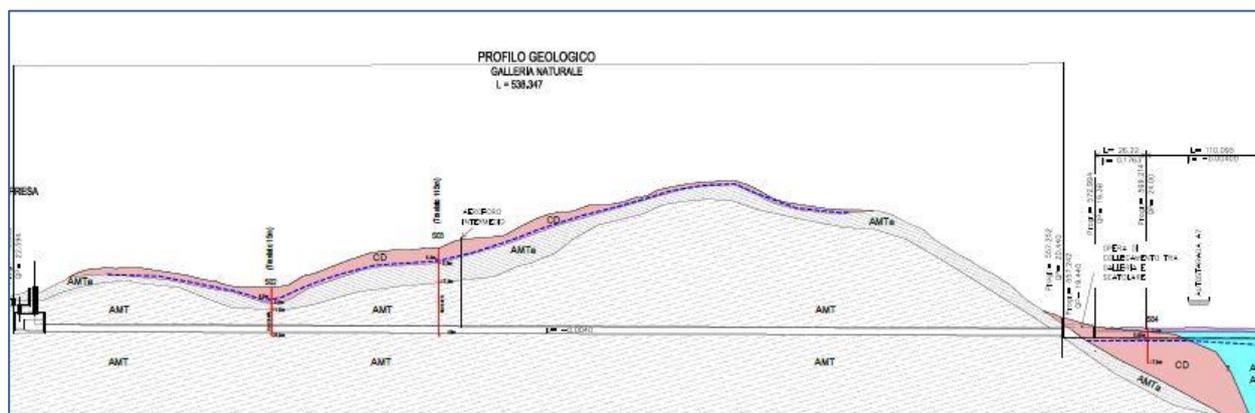


Figura 8.1 Profilo geologico galleria naturale e scatolare di collegamento

Nel tratto compreso fra lo sbocco della galleria di derivazione e il torrente Polcevera i terreni coinvolti dai lavori lungo il T. Torbella sono depositi alluvionali granulari prevalentemente grossolani ed eteropici con una prevalenza di componenti argillitiche e manose, solo subordinatamente calcaree e quarzose. La permeabilità è media o medio alta, variabile fra 10^{-3} – 10^{-5} m/s con punte sino a 10^{-6} m/s in funzione della composizione litologica locale e della frazione fine. In un approccio cautelativo e vista la tipologia di terreni attraversati si può considerare in questa sede un valore di riferimento di $K=10^{-4}$ m/s.

Nell'alveo del Torrente Torbella la falda è attesa per almeno 6-8 mesi all'anno a profondità minime di almeno 3-4 m da p.c., e oltre, ma a seguito di eventi meteorici particolarmente intensi può innalzarsi sino ad affiorare. Ciò avviene in particolare fra i mesi di settembre e gennaio/febbraio quando lungo l'alveo si può rinvenire, in funzione del regime pluviometrico annuale, una portata liquida più o meno importante e/o confinata. Normalmente da aprile ad agosto la falda raggiunge la massima soggiacenza e l'alveo durante questo periodo di tempo risulta asciutto.

In figura seguente si riporta uno stralcio del profilo geologico e idrogeologico di progetto lungo il T. Torbella con evidenza delle quote di progetto, delle indagini eseguite, delle opere interferite e del tetto della falda la quale, dai rilievi effettuati a febbraio marzo 2022, risulta sistematicamente più profonda rispetto agli scavi e, almeno nelle porzioni più meridionali, viene richiamata e drenata dalla falda del Torrente Polcevera il cui alveo si trova ad una quota inferiore di circa 3 m.

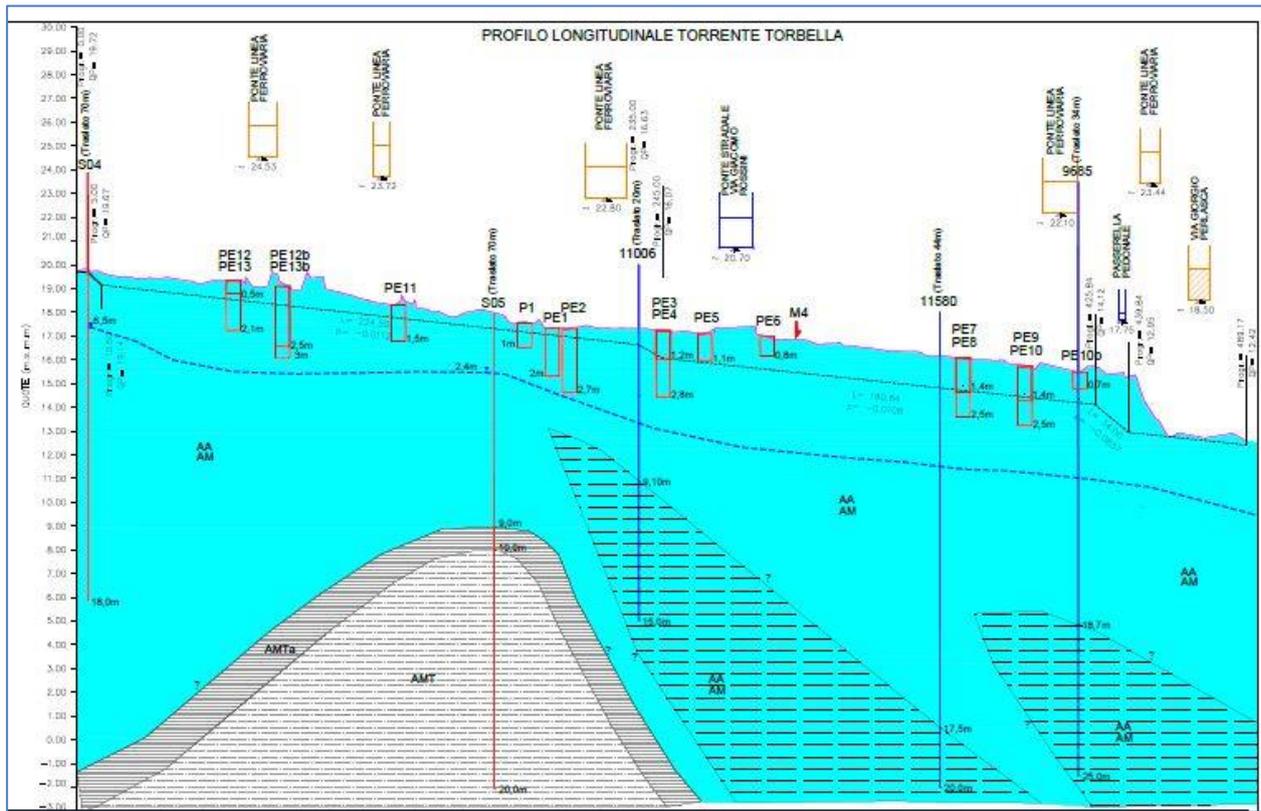


Figura 8.2 Profilo geologico lungo l'alveo del Torbella fra l'opera di restituzione e il Polcevera

La sezione idraulica del Torrente Torbella dovendo ricevere un incremento di portata verrà riprofilata, mantenendo in un primo tratto la sezione rettangolare compresa tra i muri di sponda e, in un secondo tratto, conferendo all'alveo una sezione con savanella centrale. L'entità dello scavo è variabile da un massimo di 2 m a valle a 0,5 m nel tratto di monte. In tale contesto per evitare possibili ripercussioni sulle opere esistenti nei tratti dove lo scavo è maggiore la riprofilatura è stata limitata alla porzione centrale dell'alveo, lasciando immutato il profilo esistente in prossimità delle sponde per una larghezza di almeno 3-4 m. Inoltre, per evitare possibili fenomeni erosivi e conferire un piede stabile all'intervento, è stato previsto un diffuso rivestimento dell'alveo in pietrame.

In figura seguente si riportano le sezioni tipo degli interventi di riprofilatura, rispettivamente sezione tipo A per scavi di altezza pari a circa 0,5 m estesi sull'intera sezione, e sezione tipo B per scavi di altezza pari a circa 1,2-2,0m concentrati nella porzione centrale dell'alveo. Indicativamente la sezione tipo A si applica a monte del Ponte di Via Canepari, e la sezione tipo B a valle di esso.

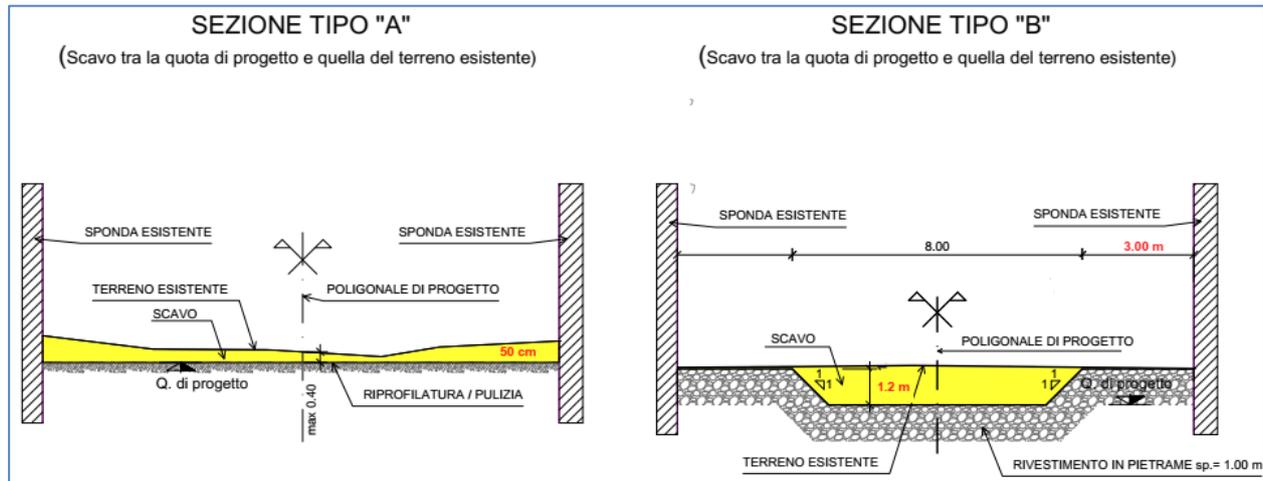


Figura 8.3 Sezioni tipo A e B lungo il corso del torrente Torbella.

Per quanto attiene l'interferenza degli scavi di riprofilatura con le fondazioni delle strutture esistenti, la maggior parte delle opere di attraversamento sono posizionate in aree dove gli scavi di riprofilatura sono assenti o modesti e tali da non determinare ripercussioni apprezzabili.

Anche la passerella pedonale viene demolita in quanto la pila centrale è sostanzialmente priva di fondazione e non è compatibile con l'intervento di riprofilatura. La nuova opera è a campata unica con fondazioni su pali.

8.2 Effetti dei lavori sulla ricarica della falda del Torbella

La falda di subalveo del Torrente Torbella è alimentata prevalentemente da infiltrazioni in alveo, oltre che in misura minore da contributi provenienti dai versanti incassanti e dalle precipitazioni dirette. Ne consegue che i lavori in alveo, che si limitano all'asportazione di una coltre di spessore modesto e tendenzialmente compreso fra 0,5-2 m, peraltro in buona parte rappresentata da materiale accumulato in tempi recenti o relativamente tali dalle alluvioni, non comporta e non può comportare alcuna ripercussione quantitativa sulla falda, la quale mantiene inalterate le superfici e i volumi di alimentazione. Essa, come esposto in precedenza, al contrario potrà beneficiare di un relativo maggior impinguamento dovuto alle maggiori portate liquide convogliate in alveo e provenienti, attraverso la galleria scolmatrice, dal bacino del Rio Maltempo oltre che dai volumi drenati attraverso l'ammasso roccioso dalla galleria stessa. Lavori di riprofilatura in alveo con asportazione di materiale di accumulo sono peraltro già stati effettuati in passato, come risulta dal Piano degli Interventi di Mitigazione del Rischio del Piano di Bacino Stralcio del Torrente Polcevera, senza registrare alcuna ripercussione.

A ulteriore supporto di questa tesi va segnalato il fatto che i pozzi di IREN Acque ricadono ampiamente all'interno dell'acquifero significativo del Torrente Polcevera, in un tratto che risente sia dell'alimentazione della subalvea del Torbella che di quella del Rio Polcevera la quale, oltre probabilmente a fornire il contributo preponderante, non è in alcun modo influenzata dai lavori in studio.



8.3 Effetti dei lavori sulla qualità delle acque della falda del Torbella

La vulnerabilità idrogeologica dei depositi alluvionali entro e nell'intorno della golena del T. Torbella (come d'altronde quella del Polcevera) è elevata, specialmente nelle zone di competenza dell'alveo attuale dove terreni ghiaiosi e sabbiosi affiorano direttamente in superficie e la falda si attesta a modesta profondità in assenza di orizzonti continui di protezione naturali. L'elevata permeabilità dei terreni e la modesta soggiacenza sono tali che un eventuale contaminazione raggiungerà in tempi rapidi la falda, e da qua si sposterà verso valle seguendo la direzione di deflusso sotterraneo, che nel caso specifico coincide con la direzione di deflusso delle acque superficiali.

Considerando prudentemente una distanza minima dei lavori dal pozzo A (il più vicino all'alveo ed al viadotto ferroviario) di circa 15 m, ed una permeabilità dei terreni (cautelativamente) di 1×10^{-4} m/s, il rilascio di un eventuale contaminante richiederà un tempo di 41 ore, ovvero circa 1 giorno e mezzo, per raggiungere questo primo pozzo.

Per quanto sopra, se da un lato non può e non deve essere sottovalutata la vulnerabilità idrogeologica potenziale dell'acquifero da cui attingono i pozzi gestiti da IREN Acque, dall'altro si evidenzia che:

- tale vulnerabilità riguarda l'aspetto qualitativo e non quello quantitativo, in quanto a seguito dei lavori non possono attendersi ripercussioni sui volumi d'acqua contenuti nel serbatoio idrico, e conseguentemente sui livelli nei pozzi di IREN Acque;
- la vulnerabilità a carico della qualità delle acque è dovuta alla elevata permeabilità dei terreni, alla modesta soggiacenza della falda, all'assenza di strati o orizzonti impermeabili di protezione sufficientemente continui;
- la potenziale vulnerabilità è almeno in parte "mascherata" dagli elevati volumi d'acqua presenti, specie lungo ed a margine del Polcevera (proprio dove sono distribuiti numerosi pozzi) ed alla confluenza con i rivi minori, dove la diluizione può mascherare eventuali contaminazioni. Una prova di ciò probabilmente si ha dal riscontro di uno scarico contenente liquidi fognari rilevato poche decine di metri a monte dei pozzi di IREN Acque all'altezza del ponte ferroviario;
- nell'ambito dei lavori previsti in progetto lungo il T. Torbella una possibile contaminazione della falda può avvenire essenzialmente a seguito di uno versamento accidentale, in particolare per danni ai mezzi d'opera con perdita di liquidi di lubrificazione, trasmissione o raffreddamento;
- con tempi di percorrenza minimi fra il possibile versamento e il pozzo più vicino di oltre 40 ore sarà possibile programmare un collegamento diretto fra i tecnici esecutori dei lavori (direttore di cantiere e/o capo cantiere e/o responsabile dei movimenti terra lungo l'alveo del Torbella) e IREN Acque. In questo modo, a tale eventuale versamento possono far seguito tutti gli accorgimenti del caso, fra cui una serie di prelievi di campioni d'acqua (ad esempio ogni 6-8 ore) con analisi di laboratorio, e una temporanea sospensione del prelievo d'acqua dagli stessi pozzi fintanto che le analisi chimiche non avranno dimostrato il superamento dell'emergenza;

Perché la realizzazione dei lavori in alveo possa essere considerata accettabile in termini di rischio di impatto sulla qualità dei n° 3 pozzi idropotabili gestiti da IREN Acque in prossimità della confluenza fra Torbella e Polcevera dovranno essere osservate le seguenti prescrizioni, in parte già correttamente



elencate nel procedimento regionale di verifica all'assoggettabilità VIA:

- prima dell'inizio dei lavori saranno condotte, in contraddittorio fra Impresa e gestore del SII, analisi chimiche su campioni d'acqua prelevati dai 3 pozzi in modo da documentare la situazione ante operam. Questo anche per evitare possibili contenziosi, preso atto che le aree circostanti il Torbella sono fortemente antropizzate, nell'alveo del Torbella confluiscono a seguito delle piogge anche parte degli scarichi della rete stradale, nel corso dei sopralluoghi si è riscontrata poco a monte della confluenza fra Torbella e Polcevera l'immissione in alveo di acque contenenti liquidi fognari, lo stato qualitativo della falda del Polcevera è classificato come "non buono". Tutti elementi questi che potrebbero determinare ripercussioni sulla qualità delle acque emunte indipendentemente dai lavori;
- oltre a quanto qui riportato prima dell'inizio dei lavori sul T. Torbella devono essere specificate le procedure emergenziali e/o istruzioni operative, in accordo con il gestore del SII, da seguire per evitare che eventuali sversamenti accidentali possano contaminare l'acqua prelevata da campo pozzi, e devono essere definite le modalità di collegamento/gestione/comunicazione di una eventuale emergenza, in modo che il Gestore possa essere prontamente avvisato ed eventualmente, a titolo precauzionale, possa interrompere l'emungimento;
- tutte le lavorazioni lungo l'alveo del T. Torbella dovranno essere effettuate in fase di magra o asciutta, ovvero senza interferire direttamente con la falda di subalveo;
- per le lavorazioni sul T. Torbella macchinari e mezzi d'opera a fine giornata dovranno essere spostati in area di cantiere esterna all'alveo e pavimentata, questo sia per mettere al sicuro gli stessi mezzi da eventuali eventi alluvionali improvvisi sia per una più sicura gestione di eventuali contaminazioni;
- eventuali rabbocchi ai mezzi d'opera (gasolio, olio idraulico, liquidi di raffreddamento ecc) e/o interventi di manutenzione dovranno avvenire nelle aree di cantiere pavimentate, e non nell'alveo del Torbella. Nel Torbella sarà fatto divieto di trasportare o stoccare sostanze potenzialmente inquinanti;



9. CONCLUSIONI

La redazione del presente documento si è avvalsa di documentazione bibliografica, risultati di indagini pregresse reperite da diverse fonti, rilievi geologici di campagna eseguiti direttamente dallo scrivente, e di una campagna di indagini geognostiche condotta durante i primi mesi del 2022 articolata attraverso sondaggi a carotaggio continuo con prove in sito e di laboratorio su campioni, prospezioni geofisiche e pozzetti esplorativi. Ubicazioni e tipologie d'indagine sono stati condizionati dall'accessibilità dei luoghi e dalle caratteristiche dei materiali. I dati ottenuti nel corso delle diverse indagini, sia reperite che eseguite, sono fra loro ben congruenti.

Per una più chiara rappresentazione dei rapporti intercorrenti fra opere e terreni il progetto si completa di una relazione geologica con gli elaborati grafici relativi a carta geologica, carta geomorfologica, carta idrogeologica, profili e sezioni geologiche, cui si rimanda per maggiori approfondimenti.

L'area in studio si caratterizza per la presenza di un substrato roccioso argillitico riconducibile alla Formazione di Montanesi, un'unità strutturalmente complessa poco o per nulla permeabile, caratterizzata da valori di resistenza modesti, marcata fissilità, variabilità laterale e verticale del grado di fratturazione, alterabile nel tempo ed a contatto con aria ed acqua.

Coperture colluviali sono presenti lungo i versanti per spessori generalmente modesti e che nella documentazione bibliografica risultano compresi fra 0,5-3 m circa, ma che localmente possono risultare maggiori come evidenziato dalle indagini pregresse e da quelle specificamente eseguite.

All'altezza del viadotto autostradale il Rio Maltempo è sbarrato da un accumulo di materiale di riporto che, da quanto risulta, è stato messo in opera all'epoca di costruzione dell'autostrada.

Depositi alluvionali grossolani ad elevata o media permeabilità di spessore decametrico si riscontrano lungo l'alveo del Torrente Torbella fino ad interdigitarsi, quasi senza soluzione di continuità, con quelli del Torrente Polcevera. Nei depositi alluvionali del Torbella e del Polcevera si riscontra una falda libera confinata inferiormente dal substrato argillitico con soggiacenza modesta e direzione di deflusso coerente con lo scorrimento superficiale.

La ricchezza della falda di subalveo del Polcevera, alimentata prevalentemente da dispersioni in alveo, ha portato alla terebrazione di numerosi pozzi ad uso idropotabile o industriale, diffusamente distribuiti a monte e specialmente a valle dell'area in studio, entro a quello che la documentazione di pianificazione territoriale individua come "acquifero significativo". In prossimità della confluenza fra Torbella e Polcevera a margine dei lavori sono censiti n° 3 pozzi ad uso idropotabile gestiti da IREN Acque, per i quali si è verificata una eventuale interferenza in termini di livelli di ricarica e qualità delle acque.

I lavori in progetto lungo l'alveo del Torrente Torbella non sono assolutamente in grado di determinare alcuna ripercussione quantitativa sui livelli idrici dei pozzi gestiti da IREN Acque, i quali peraltro risentono forse in maniera ancora più determinante dei contributi forniti dal Torrente Polcevera.

La presenza di depositi alluvionali granulari a permeabilità elevata o medio elevata e di modesta



soggiacenza comporta una vulnerabilità idrogeologica potenziale elevata. Non può quindi escludersi a priori che una eventuale e significativa contaminazione accidentale durante i lavori possa raggiungere i pozzi ad uso idropotabile con ripercussioni sulla relativa qualità delle acque.

Preso come riferimento la distanza minima presente e considerata una permeabilità dei depositi alluvionali di $K = 10^{-4}$ m/s, una eventuale contaminazione raggiungerà i pozzi dopo un tempo di oltre 40 ore, più che sufficiente per programmare eventuali accorgimenti, non ultimo una temporanea sospensione dell'erogazione.

Affinché questa potenziale vulnerabilità idrogeologica legata ai lavori lungo il Torbella possa essere considerata accettabile vanno osservate le seguenti prescrizioni, in parte già correttamente elencate nel procedimento regionale di verifica all'assoggettabilità VIA:

- prima dell'inizio dei lavori saranno condotte, in contraddittorio fra Impresa e gestore del SII, analisi chimiche su campioni d'acqua prelevati dai 3 pozzi in modo da documentare la situazione ante operam. Questo anche per evitare possibili contenziosi, preso atto che le aree circostanti il Torbella sono fortemente antropizzate, nell'alveo del Torbella confluiscono a seguito delle piogge anche parte degli scarichi della rete stradale, nel corso dei sopralluoghi si è riscontrata poco a monte della confluenza fra Torbella e Polcevera l'immissione in alveo di acque contenenti liquidi fognari, lo stato qualitativo della falda del Polcevera è classificato come "non buono". Tutti elementi questi che potrebbero determinare ripercussioni sulla qualità delle acque emunte indipendentemente dai lavori;
- oltre a quanto qui riportato prima dell'inizio dei lavori sul T. Torbella devono essere specificate le procedure emergenziali e/o istruzioni operative, in accordo con il gestore del SII, da seguire per evitare che eventuali sversamenti accidentali possano contaminare l'acqua prelevata da campo pozzi, e devono essere definite le modalità di collegamento/gestione/comunicazione di una eventuale emergenza, in modo che il Gestore possa essere prontamente avvisato ed eventualmente, a titolo precauzionale, possa interrompere l'emungimento;
- tutte le lavorazioni lungo l'alveo del T. Torbella dovranno essere effettuate in fase di magra o asciutta, ovvero senza interferire direttamente con la falda di subalveo. In presenza di una portata superficiale sarà possibile deviare il flusso d'acqua su una porzione della sezione non oggetto di lavorazione, ma non sarà possibile intercettare con gli scavi il tetto della falda, ovvero eseguire scavi direttamente sotto falda;
- per le lavorazioni sul T. Torbella macchinari e mezzi d'opera a fine giornata dovranno essere spostati in area di cantiere esterna all'alveo e pavimentata, questo sia per mettere al sicuro gli stessi mezzi da eventuali eventi alluvionali improvvisi sia per una più sicura gestione di eventuali contaminazioni;
- eventuali rabbocchi ai mezzi d'opera (gasolio, olio idraulico, liquidi di raffreddamento ecc) e/o interventi di manutenzione dovranno avvenire nelle aree di cantiere pavimentate, e non nell'alveo del Torbella. Nel Torbella sarà fatto divieto di trasportare o stoccare sostanze potenzialmente inquinanti;