

VARIANTE SEMPLIFICATA N. 333 AL P.R.G.

(AI SENSI DELL'ART. 17BIS, COMMI 2 e 6 DELLA LR N. 56/77 E
S.M.I.)

LINEA 2 DELLA METROPOLITANA TORINESE
Tratta Rebaudengo – Politecnico

Relazione sulle tematiche idrogeologiche

Novembre 2022

Anselmo associati
Via Vittorio Emanuele 14
10023 Chieri

Ing. Virgilio Anselmo

CITTA' DI TORINO
Metropolitana automatica di Torino – Linea 2 – Tratta Politecnico Rebaudengo
RELAZIONE SULLE TEMATICHE IDROGEOLOGICHE

Indice

1	PREMESSA.....	3
2	IN MERITO ALLA LOCALIZZAZIONE DELL'OPERA	3
3	IL PFTE	5
4	IL PROGETTO DEFINITIVO DELLA TRATTA CENTRALE.....	7
4.1	Gli aspetti geologici e idrogeologici	9
4.2	La falda superficiale	12
4.2.1	Le variazioni di livello della falda	13
4.2.2	Influenza dei cambiamenti climatici	13
4.2.3	I rapporti con la BAS.....	16
4.2.4	L'interazione dell'opera con la falda	19
4.2.5	Le applicazioni geotermiche e la zona di alterazione indotta dall'opera	21
5	GLI ASPETTI IDRAULICI	26
5.1	In merito alla Dora Riparia.....	26
5.2	La modellazione 2D	30
5.3	Conclusioni	36
5.4	Vincoli relativi alle strutture correlate alla linea	36
6	I RAPPORTI CON IL PRGC VIGENTE	37
7	RIFERIMENTI	41
8	APPENDICE.....	43

CITTA' DI TORINO
Metropolitana automatica di Torino – Linea 2 – Tratta Politecnico Rebaudengo
RELAZIONE SULLE TEMATICHE IDROGEOLOGICHE

1 PREMESSA

Il Progetto di fattibilità tecnico-economica della Linea 2 della metropolitana di Torino è stato approvato in linea tecnica dalla Giunta Comunale di Torino con Delib. n. 202000368/34 del 04/02/2020.

Le tematiche idrogeologiche comprendono gli aspetti genericamente mutuati dalla difesa del suolo, quali i rapporti con il campo di inondazione conseguente alle portate di riferimento, ma anche gli aspetti connessi alla falda.

Le tematiche in parola possono essere fonte di indicazioni per le Norme di attuazione della Variante al PRG.

2 IN MERITO ALLA LOCALIZZAZIONE DELL'OPERA

Le Norme di attuazione del PAI pongono all'art. 9 limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico. In particolare, lungo le aste dei corsi d'acqua sono individuate aree denominate Ee, Eb ed Em in dipendenza dalle inondabilità delle stesse da parte di eventi con tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni ossia con pericolosità molto elevata, elevata e moderata. La norma (art. 9 citato) precisa che sono consentiti interventi quali:

la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.

Le aree a diversa pericolosità sono state elaborate nell'ambito della Variante 100 al PRG, modificate dalla variante alle fasce fluviali della Dora Riparia (Deliberazione 9 del 19.07.2007 del Comitato istituzionale dell'Autorità di bacino del Fiume Po) e recepite nel PGRA, come risulta nella Figura 2-1. Al momento, le aree in argomento risultano recepite nella Proposta tecnica di progetto preliminare della variante al PRG e, in particolare, nella Tavola G.04 della Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica.

Il tracciato della Linea 2 prevede il collegamento del settore Nord della città con il settore Sud e, al momento, la tratta centrale si attesta da Piazza Rebaudengo. Pertanto, la linea deve necessariamente attraversare la regione fluviale della Dora Riparia. In particolare, il collegamento tra le aree dei Novara/Verona e il centro storico con le stazioni Giardini Reali e Mole porta il tracciato ad attraversare la regione fluviale nel settore più ristretto, ossia dove la Fascia C in destra addirittura si approssima alla sponda dell'alveo seguendo l'andamento della scarpata naturale (non così sarebbe attraversando la Dora nel tronco più a monte).

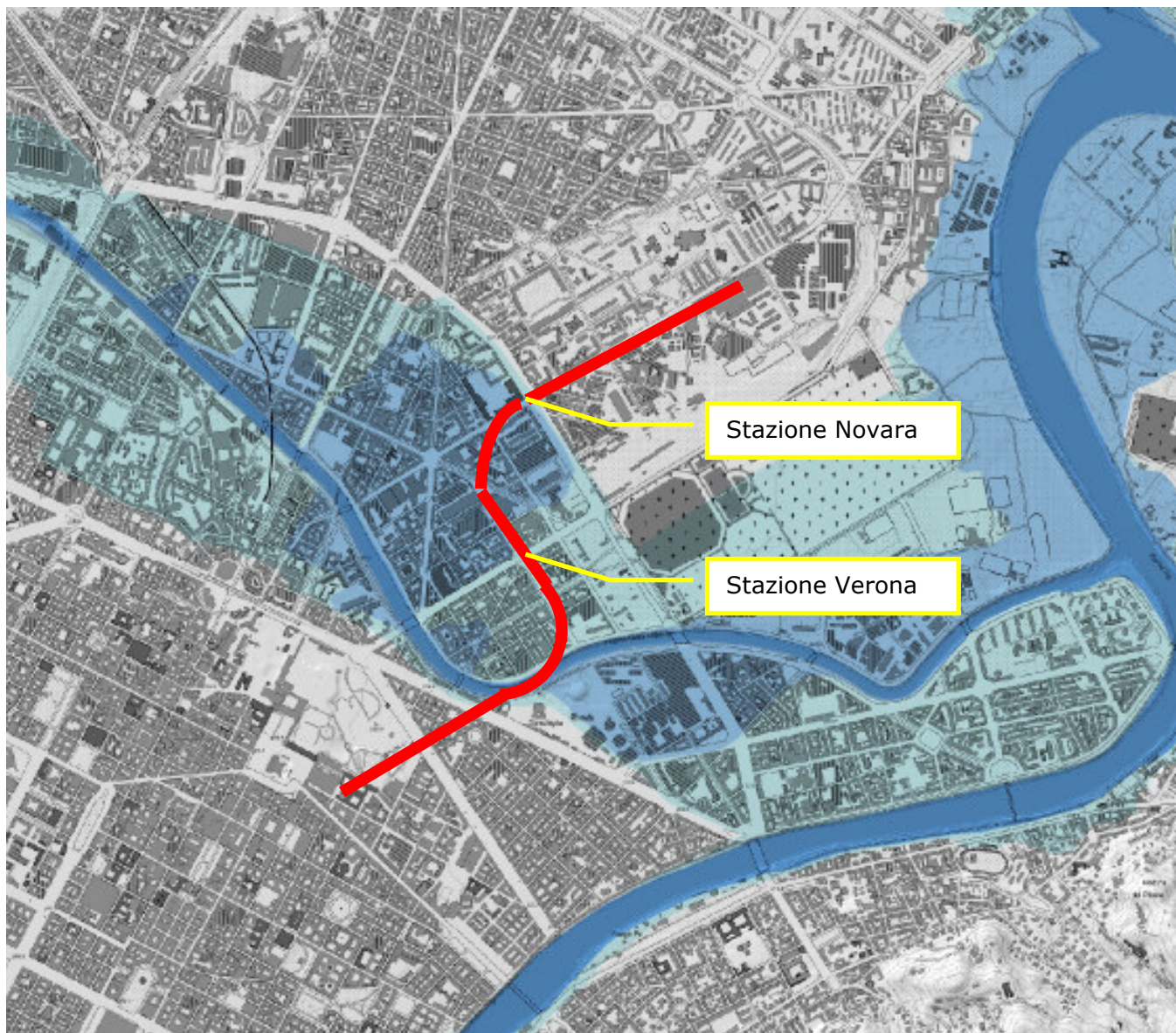


Figura 2-1 – Estratto dalla sezione 2020-156SW della cartografia PGRA con le tre gradazioni di colore e il tracciato della Linea 2 per la porzione di interesse, che attraversa la regione fluviale della Dora Riparia in uno dei tratti più ristretti.

La presenza delle scarpate risulta evidenziata nella cartografia CARG (allegata in estratto come Figura 2 e Figura 7 del rapporto 01_MTL2T1A0DGEOPENR001-0-0, qui richiamato nella Figura 2-2. In sponda sinistra della Dora mancano scarpate evidenti, ma sussistono discontinuità altimetriche risolte con raccordi lungo i tracciati stradali, che hanno guidato nella collocazione della Fascia C.



Figura 2-2 – Tracciato della Linea 2 sovrapposto alla cartografia CARG (Foglio 156 – Torino Est) che riporta l'andamento delle scarpate naturali presenti in sponda destra.

In conclusione ⁽¹⁾, le esigenze funzionali dell'opera ed il suo tracciato, approvato dalla citata delibera della Giunta comunale del 4.02.2020, rendono pertanto non altrimenti localizzabile l'opera, che tuttavia si inserisce nel territorio tenendo conto delle caratteristiche geomorfologiche dello stesso al fine di renderne minimi gli impatti.

3 IL PFTE

Il Progetto di fattibilità Tecnico Economica della Linea 2 è stato sviluppato da InfraTo con riferimento al percorso suddiviso in tre tratte: Nord, Centrale e Sud ⁽²⁾. La tratta in oggetto (Rebaudengo-Politecnico) costituisce la tratta centrale e ne rappresenta il primo lotto funzionale di 9.7 km.

Il Progetto di fattibilità prende in esame le condizioni generali con una indagine storica costituente la Sezione 4 così composta:

¹⁾ In ottemperanza a quanto richiesto al punto 11 del Verbale della seduta del 01.07.2022 dell'Organo tecnico comunale.

²⁾ L'elenco degli elaborati risulta accessibile all'indirizzo
<http://www.comune.torino.it/trasporti/bm~doc/pfte-linea-2---elenco-elaborati.pdf>

4.01.01 - TRATTA CENTRALE - INDAGINI STORICHE

01.MTO2PFTCIARCOMR001-00_B.pdf - INDAGINE STORICO-ARCHIVISTICHE - PARTE GENERALE

03.MTO2PFTCIARCOMR003-00_B.pdf - INDAGINI STORICO-ARCHIVISTICHE - CANALI, BEALERE E CASCINE

e le condizioni di pericolosità con gli elaborati costituenti la sottosezione 13

4.01.13 - TRATTA CENTRALE - IDROLOGIA E IDRAULICA

01.MTO2PFTCIDRCOMR001-00_C.pdf - INQUADRAMENTO IDRAULICO TERRITORIALE - RELAZIONE TECNICA -

02.MTO2PFTCIDRCOMT001-00_B.pdf - INQUADRAMENTO COMPLESSIVO DELLA LINEA

con le relative tavole della pericolosità da alluvione.

Infine i rapporti con il PRGC costituiscono la sezione 20 dell'elenco così sintetizzata:

20.01 TRATTA CENTRALE STUDI DI PREFATTIBILITÀ AMBIENTALE

RELAZIONE TECNICA

INQUADRAMENTO AREA DI STUDIO E VIABILITÀ ESISTENTE PLANIMETRIA

CARTA DEGLI STRUMENTI URBANISTICI PLANIMETRIA TAV. 1/3

CARTA DEGLI STRUMENTI URBANISTICI PLANIMETRIA TAV. 2/3

CARTA DEGLI STRUMENTI URBANISTICI PLANIMETRIA TAV. 3/3

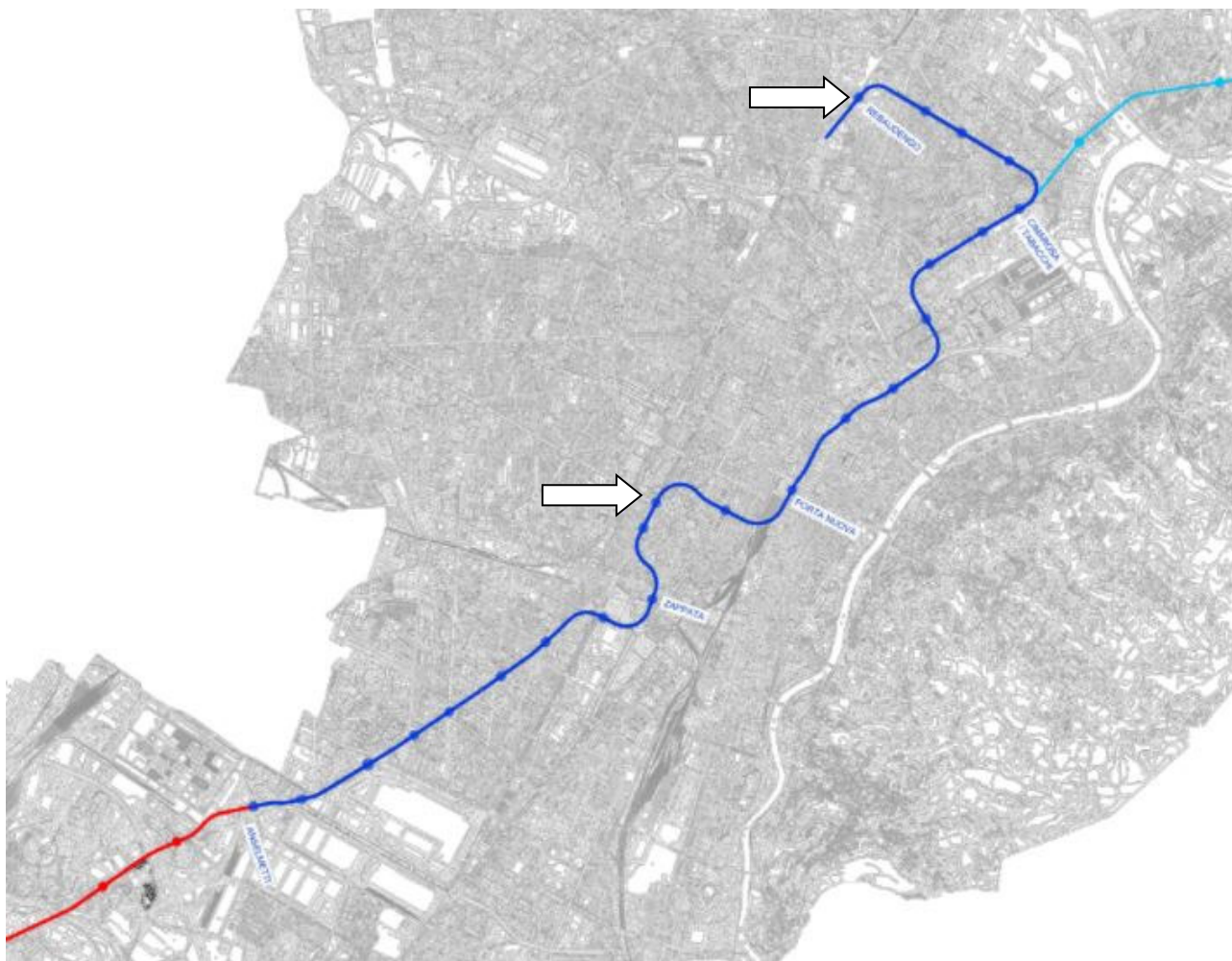


Figura 3-1 – Schema della tratta Centrale della Linea 2 con le 13 stazioni comprese nel primo lotto funzionale individuato come Rebaudengo-Politecnico delimitato dalle frecce

(da <https://drive.google.com/drive/folders/1J-zwkvAShod-XUdfArBVTQbkiktQFuBY>)

4 IL PROGETTO DEFINITIVO DELLA TRATTA CENTRALE

Il progetto definitivo ha preso in esame gli aspetti geologici e idrogeologici nell'Elaborato 01_MTL2T1A0DGEOPENR001-0-0 e relativi allegati.

Dai pressi della stazione Bologna fino al Politecnico la linea sarà scavata in galleria con 10 m di diametro con TBM tradizionale. In tale tratto, la linea attraversa la regione fluviale della Dora Riparia. Le evidenze morfologiche sono state in gran parte cancellate dal rimodellamento antropico, ma tracce sono ancora riscontrabili tanto da poter definire la Fascia fluviale C nell'ambito della Variante 100 del PRGC. Le fasce fluviali pertanto si presentano come nella seguente figura a fronte del percorso della tratta Centrale della linea.

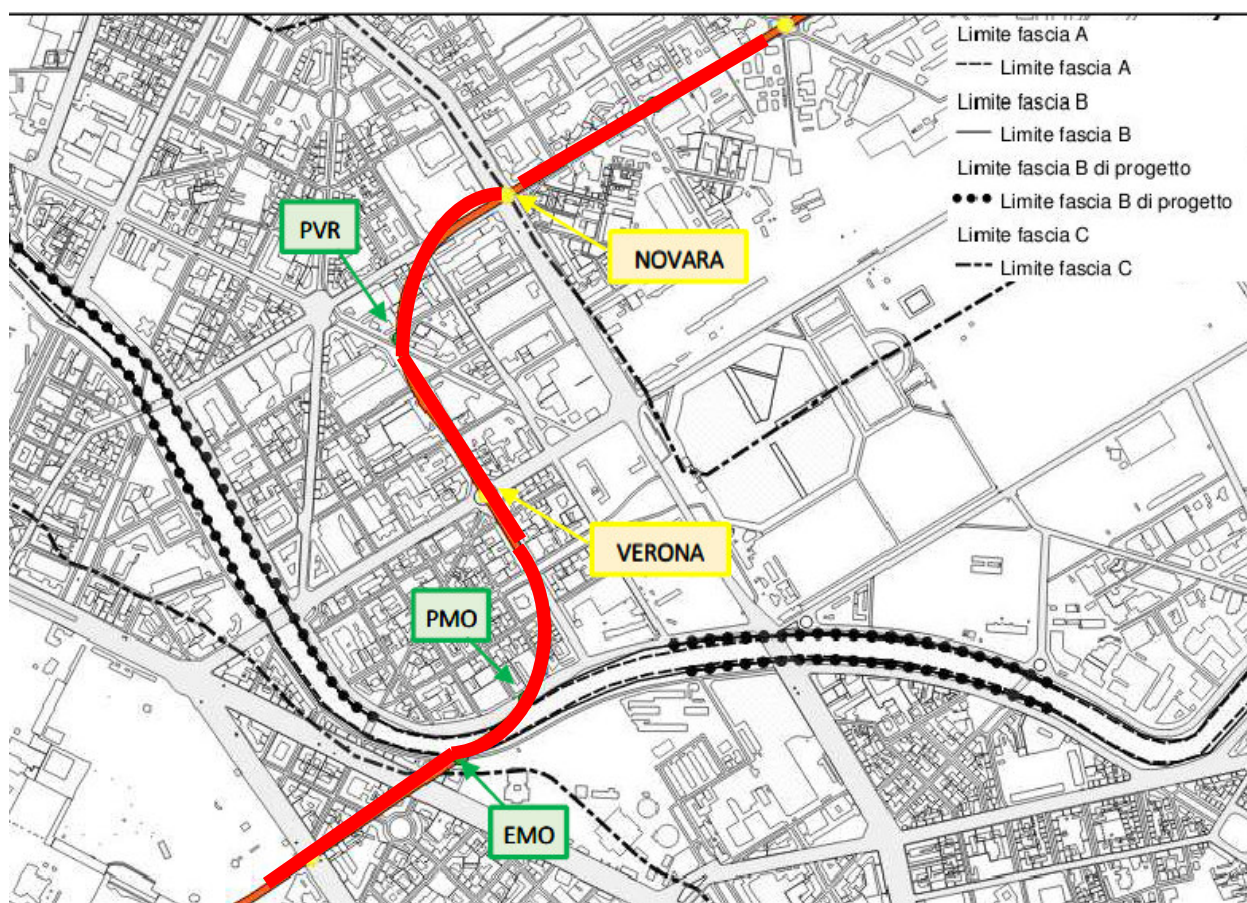


Figura 4-1 – Estratto dalla figura 2 dell'elaborato 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-0 in cui i punti gialli indicano le stazioni ed i punti verdi i pozzi di servizio. Le linee nere indicano le fasce fluviali secondo la rappresentazione tipica del PAI. Merita segnalare l'introduzione di significativi tratti di della fascia B "di progetto".

Dal punto di vista della dinamica della piena, la relazione cita l'evento del 14-16 ottobre 2000 e segnala che *"nell'area in cui si sviluppa il progetto non sono segnalati fenomeni di esondazione. Nel corso dell'evento si sono verificati fenomeni di esondazione sulla sponda destra, ma senza deposizione di sedimenti a circa 0.1 km a monte del tracciato"*. La descrizione risulta chiarita dal contenuto della Figura 4-2, che costituisce stralcio della figura riportata nell'elaborato 01_MTL2T1A0DGEOTENR001-0-0 facente parte della progettazione definitiva.



Figura 4-2 – Aree interessate dall'evento dell'ottobre 2000 (figura 3 dell'elaborato, che risulta tratta dal sito *webgis* della Regione Piemonte). Procedendo dall'alto verso il basso, le frecce indicano l'allagamento osservato nell'area del Balôn, nell'intorno del ponte Bologna tracimato dalla piena, sul Lungodora in sponda sinistra all'altezza della derivazione del canale del Regio Parco.

4.1 Gli aspetti geologici e idrogeologici

Il tracciato in sotterraneo della linea si sviluppa in falda e pertanto era evidente la preoccupazione di verificare che il tracciato interessi la falda superficiale al disopra della base dell'acquifero (indicato come BAS), quindi senza interferenze con la falda profonda. Su tale argomento, risulta che la Regione Piemonte ha definito i criteri di indagine con la D.G.R. n. 34-11524 del 3 giugno 2009 producendo una cartografia alla scala 1:50000 oggetto di aggiornamenti successivi. Aggiornamento, a seguito dei risultati conseguiti con i sondaggi eseguiti nell'ambito del progetto per la Linea 2, è stato attuato con la Determinazione n 140 del 4.04.2022 da parte della Direzione Ambiente, Energia e Territorio.

Le massime profondità dei manufatti relativi all'opera sono raggiunte dalle paratie di delimitazione delle stazioni e dai tappi di fondo dei pozzi. Le suddette lavorazioni, anche se potranno localmente intersecare la BAS, tuttavia comprendono la realizzazione di manufatti (paratie) e/o impermeabilizzazioni (tappi di fondo) che, dal punto di vista idrogeologico, costituiscono dei corpi impermeabili.

Piuttosto sono stati segnalati, a conclusione degli approfondimenti effettuati, i tratti cui è probabile l'attraversamento o la vicinanza alla base dell'acquifero superficiale.

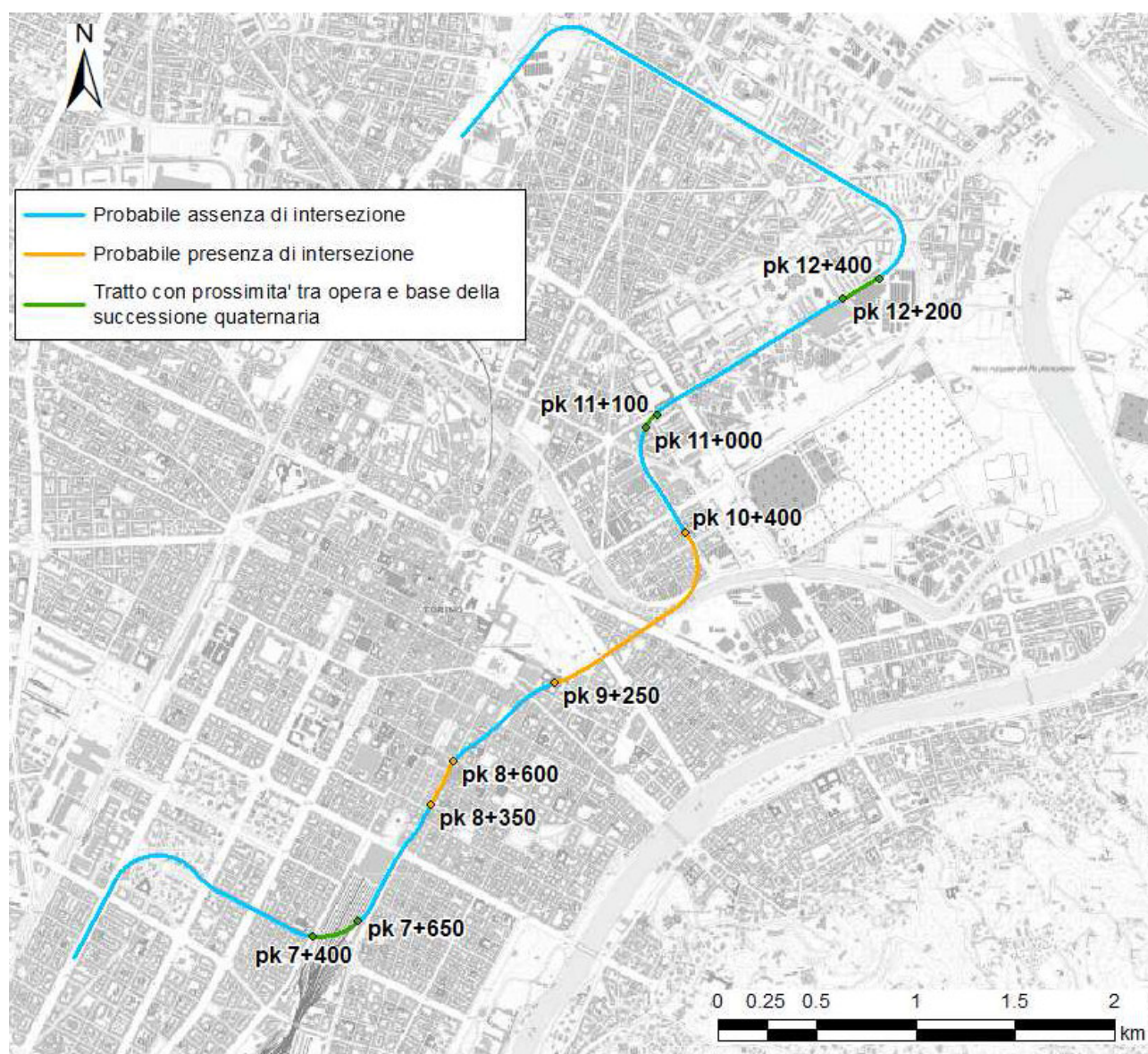


Figura 4-3 – Riepilogo delle informazioni circa l'interferenza con la base dell'acquifero superficiale (figura 39 dell'elaborato 01_MTL2T1A0DGEOPENR001-0-0).

In due distinte tabelle si mostrano i tratti di potenziale intersezione della BAS in base alla carta regionale (Tabella 4, a pag. 75) e in base ai risultati degli approfondimenti ottenuti con i

sondaggi (Tabella 5, a pag. 78). Le conclusioni sono graficamente illustrate nella Figura 4-3 e, per comodità di lettura, le due tabelle sono riportate integralmente in appendice.

Merita qui riassumere le informazioni acquisite con gli approfondimenti effettuati sia con sondaggi nuovi, sia con l'utilizzazione delle informazioni esistenti (per esempio, da SMAT).

Nell'ambito del progetto definitivo, sono stati individuati cinque complessi di interesse idrogeologico. In dettaglio,

- Complesso 1 (denominato UID): depositi di natura antropica con spessore generalmente variabile da 1 a 10 m;
- Complesso 2 (denominato CSN): depositi fluviali;
- Complesso 3: depositi fluvioglaciali (AFR) e depositi definiti *Incertae sedis* (INS). Compreso fra 15 e 39 m nell'area di interesse, il complesso costituisce la sede della falda freatica superficiale. La maggior parte del manufatto si sviluppa all'interno di questo complesso. Pertanto i valori di permeabilità sono stati ricavati mediante 66 prove Lefranc e riportati nella Figura 4-4 dato l'evidente interesse applicativo in settori correlati.
- Complesso 4: sabbie e ghiaie (SFR);
- Complesso 5: argille azzurre (FAA9 e marne (SAF)

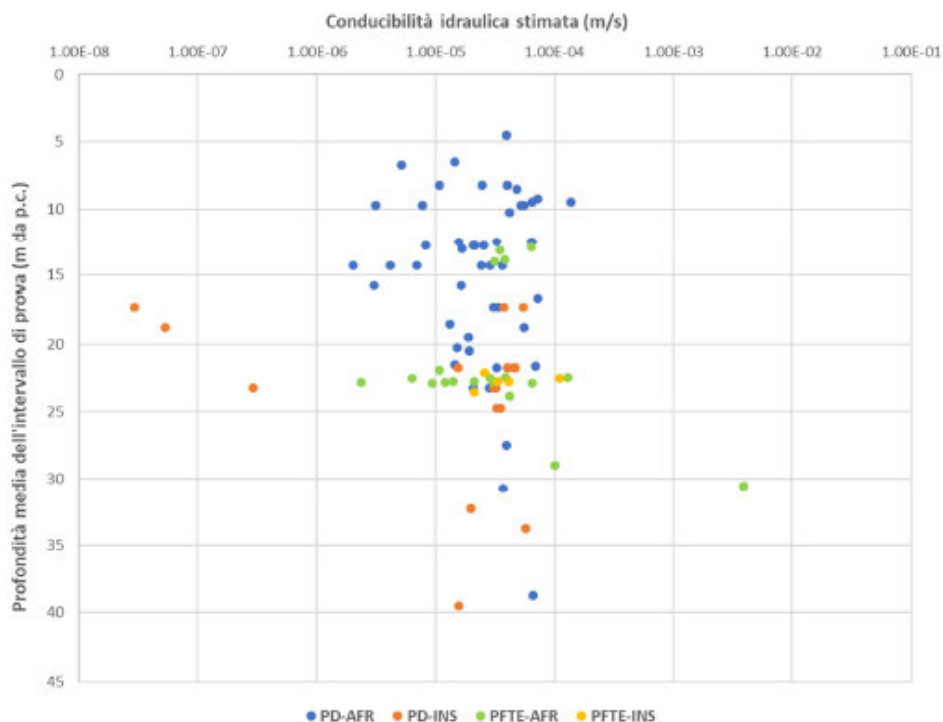


Figura 4-4 – Dato l'elevato interesse applicativo in settori correlati, si riporta la figura 39 del citato elaborato, che mostra i valori della velocità di filtrazione riscontrati tramite prove Lefranc entro il Complesso 3

Il livello della falda è stato definito nel mese di ottobre 2021 mediante 62 misure di soggiacenza. L'attività è stata specificamente allestita prendendo in considerazione un'area vasta indicata nella Figura 4-5 e, dopo l'applicazione di procedure di interpolazione dei dati, la correzione manuale dell'andamento delle isopieze ha consentito l'aggiornamento della cartografia elaborata in sede di progetto di fattibilità (PFTE).

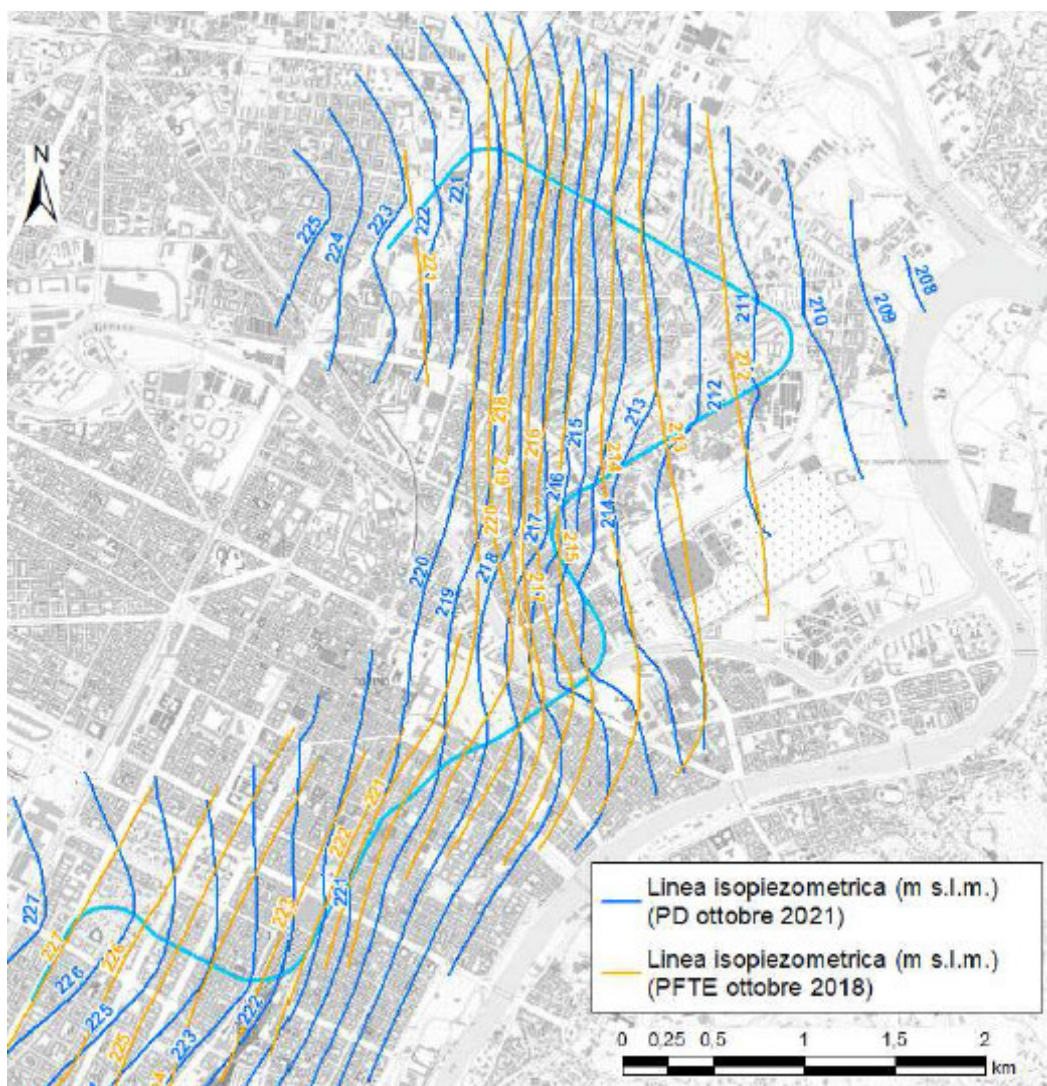


Figura 4-5 – Andamento delle isopieze risultante dalla campagna di misurazioni e correzione della precedente cartografia prodotta in sede di PFTE

Le informazioni in merito alla falda sono state ulteriormente ampliate in merito agli aspetti di interesse per la linea.

4.2 La falda superficiale

La falda è stata indagata con riferimento ad argomenti di rilievo, che, in particolare, sono:

4.2.1 LE VARIAZIONI DI LIVELLO DELLA FALDA

Sulla base dei dati raccolti ai piezometri disponibili, si è giunti alla conclusione che, nel periodo 2008-2009, si è verificato un innalzamento di circa 1 m del livello imputabile sia all'aumento delle precipitazioni, sia alla massiccia cessazione degli emungimenti. Il diagramma riportato nella Figura 4-6 è stato costruito sui dati registrati in continuo al piezometro P26, ubicato nel vertice Nord-Ovest di Piazza d'Armi nel periodo 2002-17.

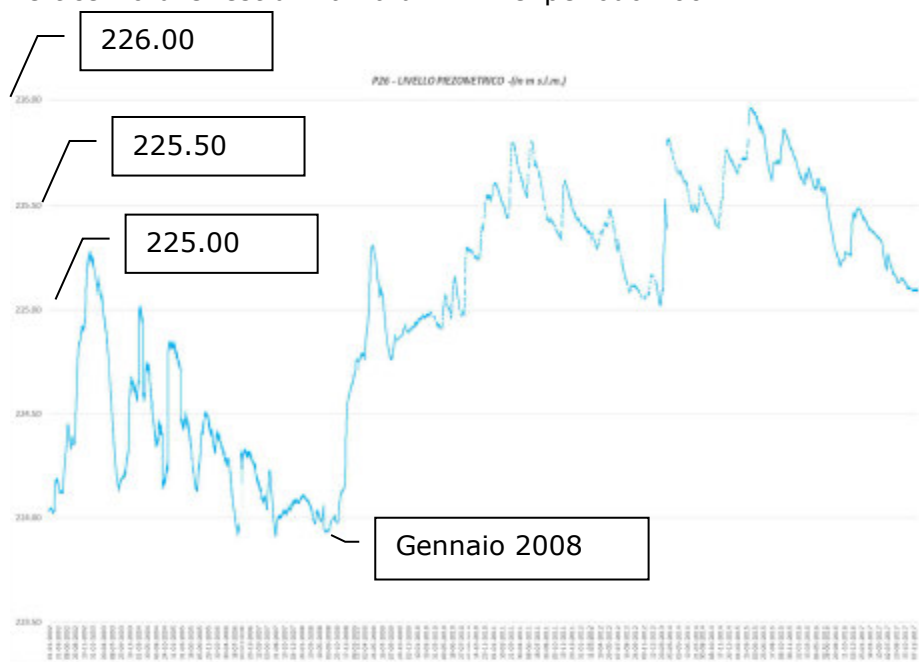


Figura 4-6 – Andamento della falda al piezometro P26 (Piazza d'Armi) nel periodo 2002-2017

Non risultano informazioni consistenti per periodi di maggior estensione. Merita tuttavia segnalare che, a regime ed in assenza di modifiche a scala vasta eventualmente intercorse nel frattempo, la falda nell'area centrale della città potrebbe tornare alla quota della galleria di contromina del sistema difensivo sotterraneo ubicata a 14 m sotto la superficie quindi, indicativamente, a quota 228-230 m s.l.m. nel settore compreso fra Corso Galileo Ferraris e Corso Bolzano.

4.2.2 INFLUENZA DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Sulla base di tre fonti in argomento:

- Piano di resilienza climatica – Città di Torino (luglio 2020)
- I cambiamenti climatici in sei città italiane – Report Torino (Centro Euro-mediterraneo sui cambiamenti climatici)
- Analisi su serie storiche di lungo periodo condotte da ARPA

Il progetto perviene alla conclusione che (pag. 69) sia prevedibile:

- Una leggera diminuzione della precipitazione annua;

- Un aumento delle precipitazioni di intensità da moderata a forte;
- Un aumento della durata dei periodi asciutti.

Alcune considerazioni possono essere aggiunte con particolare riferimento al settore attraversato dalla Linea 2 dove la soggiacenza della falda superficiale è dipendente dal livello idrometrico della Dora. Il livello in parola è direttamente condizionato da una serie di soglie realizzate sia per derivare acqua (traversa del Canale del Regio Parco ora asservita alla derivazione di alimentazione dell'impianto idroelettrico realizzato in sponda destra), sia per fissare il profilo di fondo del nuovo inasamento comprendente significativi interventi di correzione planimetrica con eliminazione dei meandri tra il 1901 (soppressione del meandro interessante l'area del cimitero), il 1919 (in zona Colletta) e il periodo 1931-33 allorché si operò la rettifica delle restanti anse in Vanchiglietta (sbocco in Po) e in Borgo Rossini (tra Lungodora Siena e Firenze).

I dati sono reperibili nel sito dell'ARPA Piemonte, ma riguardano solo il periodo dal 2014 al 2018. In tale periodo, tutti i piezometri di interesse per l'area in oggetto (riportati in tabella) mostrano livelli costanti o in debole risalita, come è possibile osservare negli istogrammi forniti da ARPA (per esempio, Figura 4-7)

Tabella 4-1 - Elenco dei piezometri della rete dell'area metropolitana disponibili presso il *webgis* dell'ARPA e di interesse per la regione fluviale della Dora Riparia nel tronco attraversato dalla Linea 2

- PZ_24 (Italgas)
- PZ_70 (area Lavazza, ma non ancora quotato)
- PZ_05 (Via Bioglio)
- PZ_32 (Corso Novara, Via Regaldi)
- In accordo con le conclusioni tratte sulla falda in generale nell'elaborato 01_MTL2T1A0DGEOPENR001-0-0 (pag. 60), si segnala che in sponda destra della Dora Riparia, il livello della falda è risalito nel corso degli ultimi venti anni in misura significativa tanto da obbligare a dismettere il secondo piano interrato. Si tratta di un processo osservabile in diverse città e connesso, come segnalato nell'elaborato citato, alla progressiva dismissione dei pompaggi. In base ai dati, risulta che la falda in sponda destra raggiunge livelli più elevati che in sponda sinistra. Le ragioni possono risiedere in una granulometria più grossolana del materiale del terreno derivante forse dal fatto che il settore della regione fluviale (fra l'alveo attuale e il piede della rampa che sale a Corso Regina e poi sale al piano su cui sorge la città storica) sia stato sede di successive migrazioni dell'alveo; non per niente, dalla sponda destra era derivato il Canale dei Molassi, che ancora oggi percorre in sotterraneo la Via Andrea Pisano e attraversa Corso XI Febbraio.

CITTA' DI TORINO
Metropolitana automatica di Torino – Linea 2 – Tratta Politecnico Rebaudengo
RELAZIONE SULLE TEMATICHE IDROGEOLOGICHE

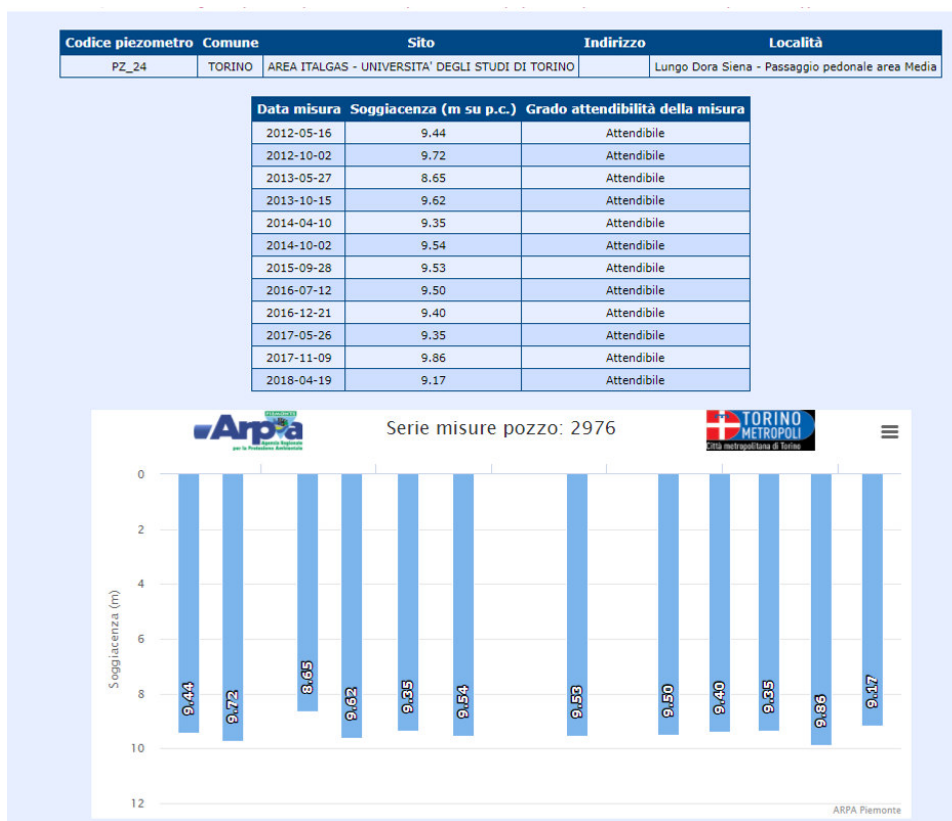


Figura 4-7 – Istogramma della soggiacenza misurata al piezometro PZ_24 (area ex Italgas) nel periodo 2012-18

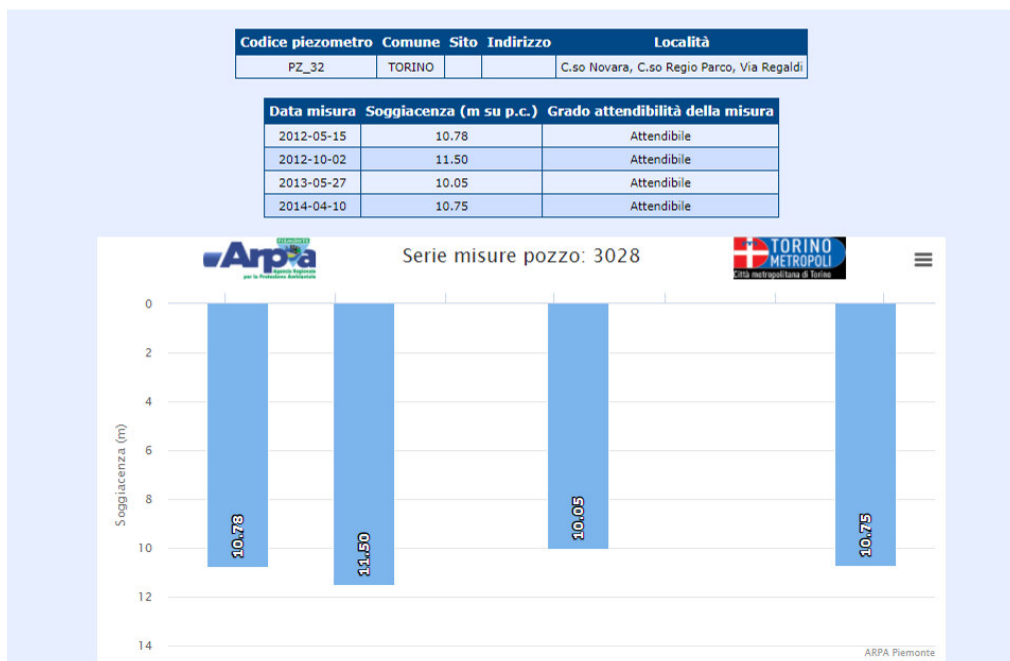


Figura 4-8 - Istogramma della soggiacenza misurata al piezometro 18PZ_32 (Corso Novara, Via Regaldi) nel periodo 2012-14

4.2.3 I RAPPORTI CON LA BAS

In merito al rapporto fra il tracciato della Linea 2 e la BAS, il progetto preliminare ha preso in esame l'attenzione sul pericolo che, in assenza di interventi idonei, la falda superficiale venga messa in contatto con la falda profonda.

Al controllo in merito all'attendibilità della BAS definita dalla Regione Piemonte, il progetto Definitivo dedica, nell'ambito dello studio di impatto ambientale, l'attività esposta nell'elaborato 27_MTL2T1A0DAMBGENR009-0-0, che costituisce aggiornamento dei dati originari.

I risultati sono stati conseguiti in base alle osservazioni tratte da un fitto complesso di sondaggi mostrato nella Figura 4-11.

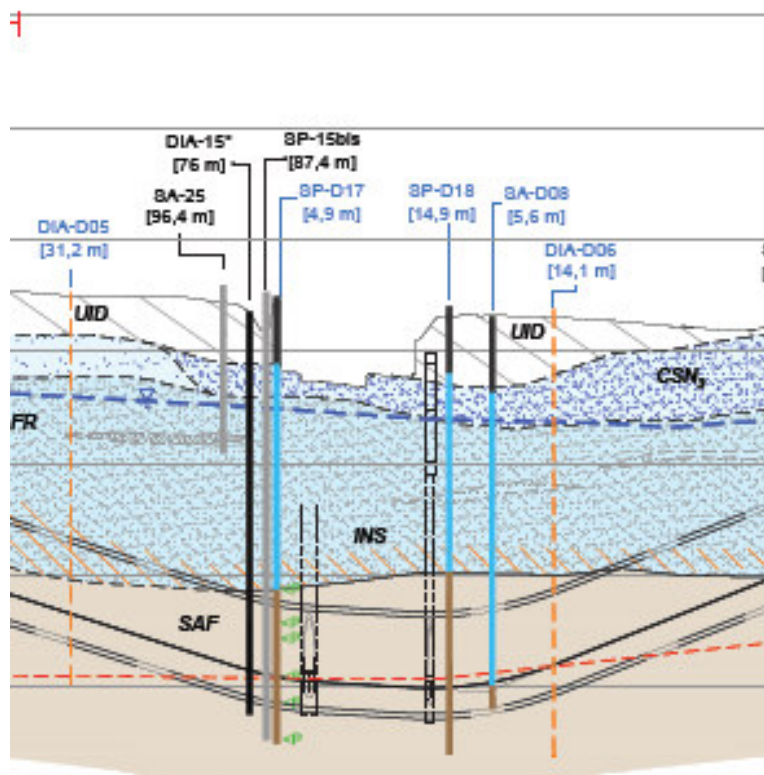


Figura 4-9 – L'attraversamento della regione fluviale della Dora Riparia in cui la galleria attraversa la superficie di base della falda superficiale (BAS) entrando nello strato marnoso sottostante (SAF) (da elaborato 04_MTL2T1A0DGEOGENT001.3-0-0 predisposto a dicembre 2021)

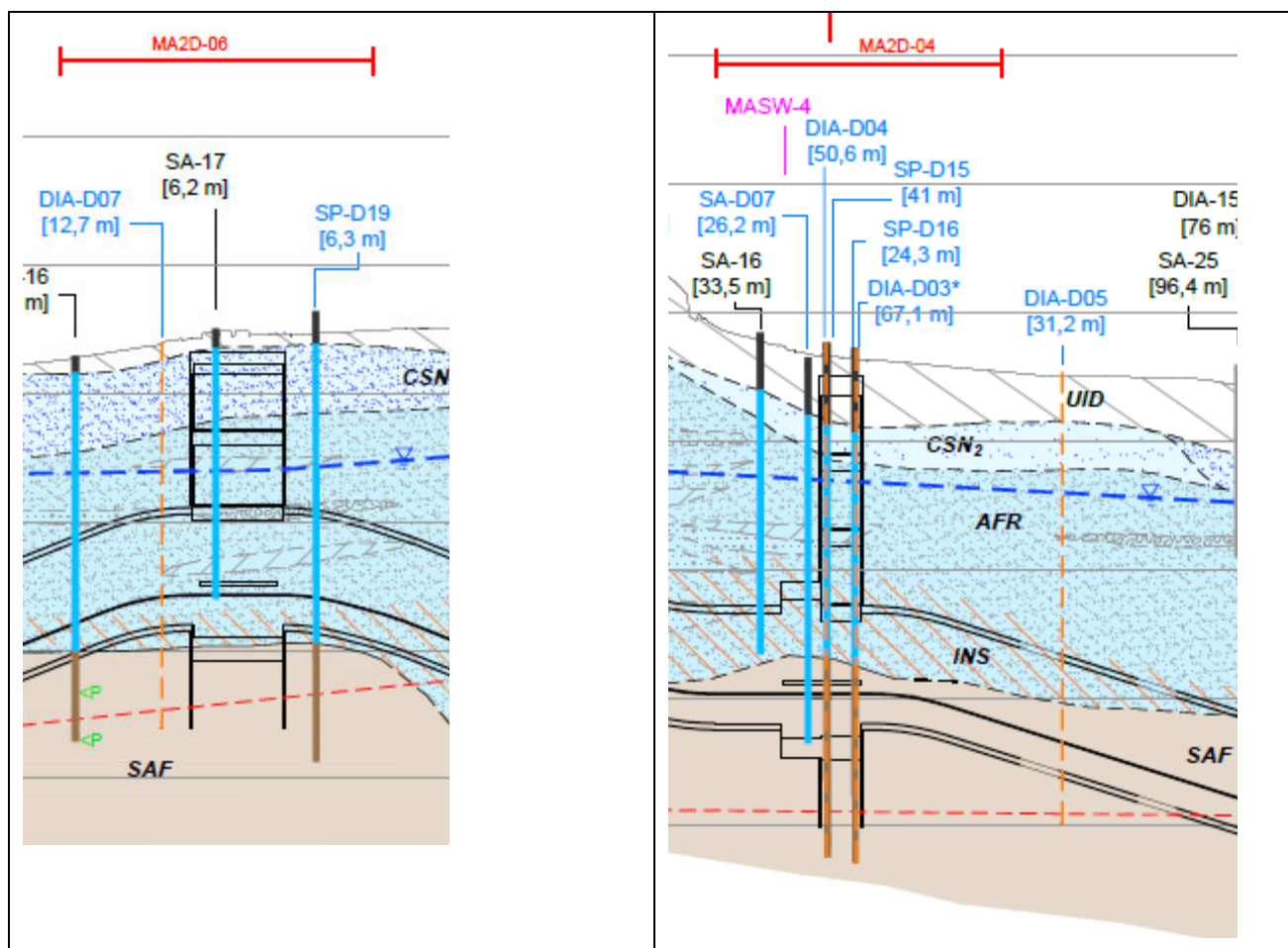


Figura 4-10 – Interferenze fra le strutture correlate all’opera e la superficie dello strato di separazione della falda superficiale. A sinistra, a cavallo della stazione Verona, a destra in corrispondenza della stazione Mole.

Il documento MTL2T1A0DAMBGENR009.0-0-0 è stato prodotto a dicembre 2021; il contenuto è stato recepito dalla Regione Piemonte, che ha provveduto all’aggiornamento della BAS con la D.D. 4.04.2022 no. 140 in cui si fa esplicito riferimento all’attività di InfraTo che ha disposto una ulteriore campagna di indagini geognostiche volta a integrare quella eseguita nell’ambito del Progetto di fattibilità.

Il profilo longitudinale dell’opera è in corso di redazione nell’ambito dell’allestimento del progetto definitivo.

In merito al problema delle intersezioni con la BAS, il tracciato della linea, a conclusione dell’analisi delle alternative ⁽³⁾, non risulta altrimenti localizzabile e pertanto saranno posti in

³⁾ All’analisi di sei alternative di tracciato si fa riferimento anche nelle osservazioni della Regione Piemonte – Settore Valutazioni ambientali e procedure integrate emesse in data 20.09.2022. Le alternative riguardano la tratta Porta Nuova – Politecnico dove il tracciato attraversa la zona con potenziale interferenza.

atto gli interventi idonei in fase sia di realizzazione che di esercizio. L'esame di tali interventi sarà pertanto oggetto della procedura di autorizzazione del progetto definitivo in cui dovranno essere precisate le quote del livello della BAS e delle acque di morbida.

Nell'ambito della citata preoccupazione, l'indagine è stata ampliata per indagare l'eventuale interferenza con i pozzi profondi di rifornimento di acqua potabile. L'indagine ha escluso tale interferenza essendo i pozzi ubicati nel settore occidentale della città a più di 5 km di distanza dal tracciato della linea, ma soprattutto a monte rispetto alla direzione del flusso.

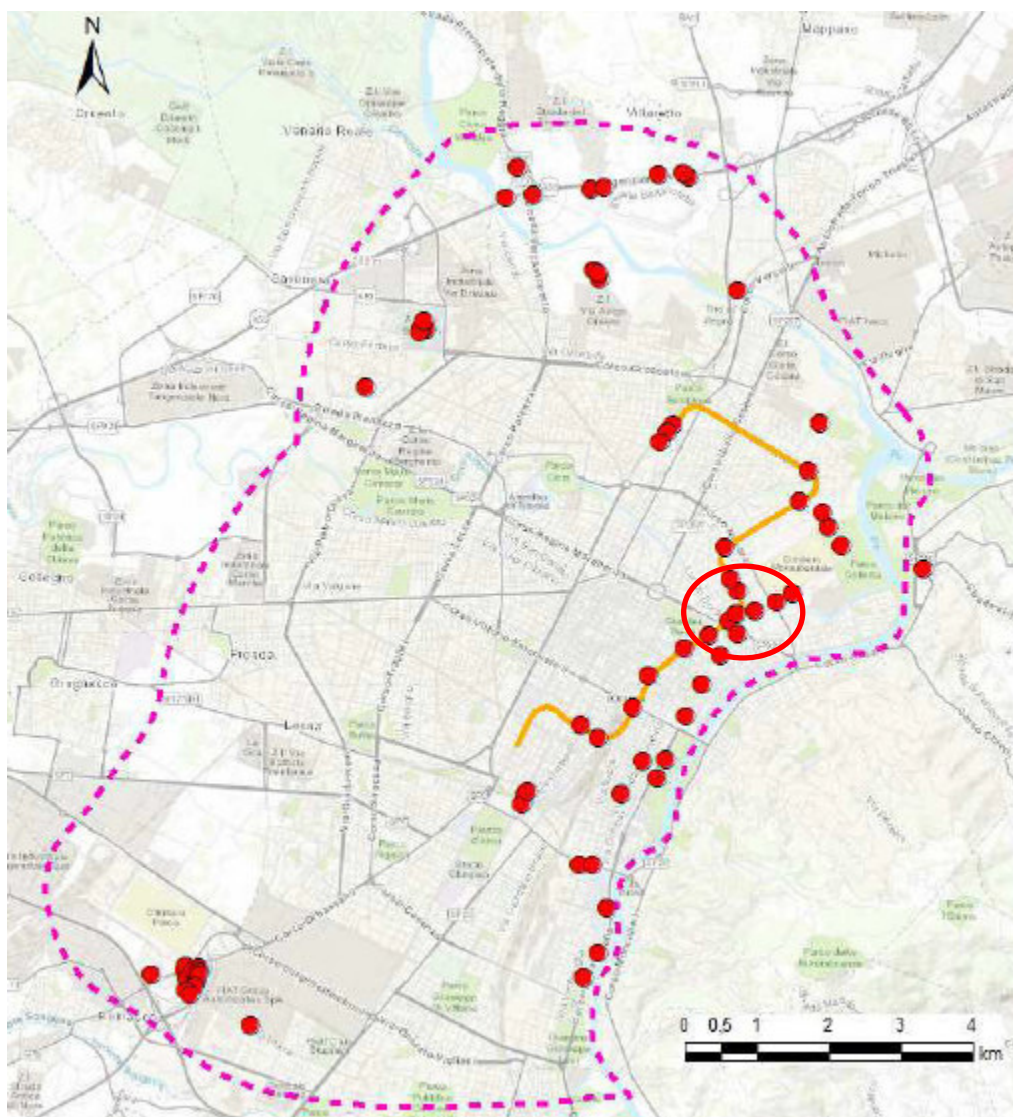


Figura 4-11 – Ubicazione dei sondaggi utilizzati per indagare l'effettiva posizione della BAS e introdurre le correzioni conseguenti (da figura 3 dell'elaborato 27_MTL2T1A0DAMBGENR009-0-0). In giallo, il percorso della Linea 2 con l'infittimento dei sondaggi in corrispondenza dell'attraversamento della regione fluviale della Dora Riparia, contornata in rosso.

4.2.4 L'INTERAZIONE DELL'OPERA CON LA FALDA

L'interazione con la falda è prevedibile dal momento che la linea si dispone trasversalmente alla direzione del movimento delle acque, come risulta chiaramente nella Figura 4-12.

Un caso di interazione è già stato osservato, nel recente passato, alla Falchera ⁽⁴⁾ dopo la realizzazione della trincea del prolungamento della linea tramviaria numero 4. Lo strumento utile in questi casi è costituito dall'allestimento del modello idrogeologico in grado di simulare il movimento del flusso sotterraneo. La procedura comprende la taratura del modello su valori osservati per un periodo significativo e si conclude con l'esame delle variazioni introdotte dall'inserimento dell'opera nel campo del modello.

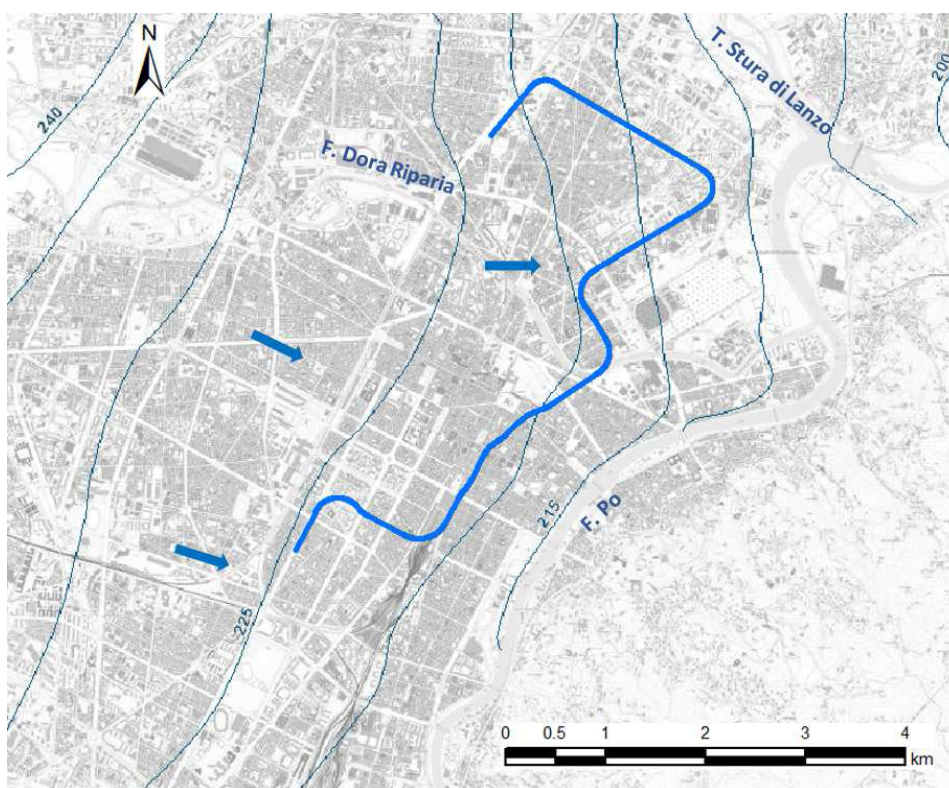


Figura 4-12 – Posizione della Linea 2 con riferimento al movimento delle acque sotterranee (da Figura 33 dell'elaborato 01_MTL2T1A0DGEOPENR001-0-0)

Il campo di indagine è definito come mostrato nella Figura 4-13. Il modello è stato costruito prendendo in considerazione:

- Le unità stratigrafiche definite nell'indagine geologica iniziale;

⁴) Il caso della Falchera è espressamente citato (pag. 7) nel citato contributo della Regione Piemonte – Settore Valutazioni ambientali e procedure integrate con il suggerimento di trarne indicazioni in merito alle metodologie utilizzate e ai provvedimenti presi. Le indagini furono all'epoca (2007) coordinate dalla Divisione Infrastrutture e Mobilità del civico ufficio tecnico della Città di Torino.

- Le condizioni al contorno del sistema;
- I valori dei parametri idrodinamici.

In ossequio alle procedure consolidate della modellazione numerica (si cita ANDERSON et al., 2015), il modello della falda è stato allestito, calibrato su casi reali e poi utilizzato per la previsione. La calibrazione è avvenuta con riferimento a condizioni di morbida (pag. 83 dell'elaborato 01_MTL2T1A0DGEOPENR001-0-0).

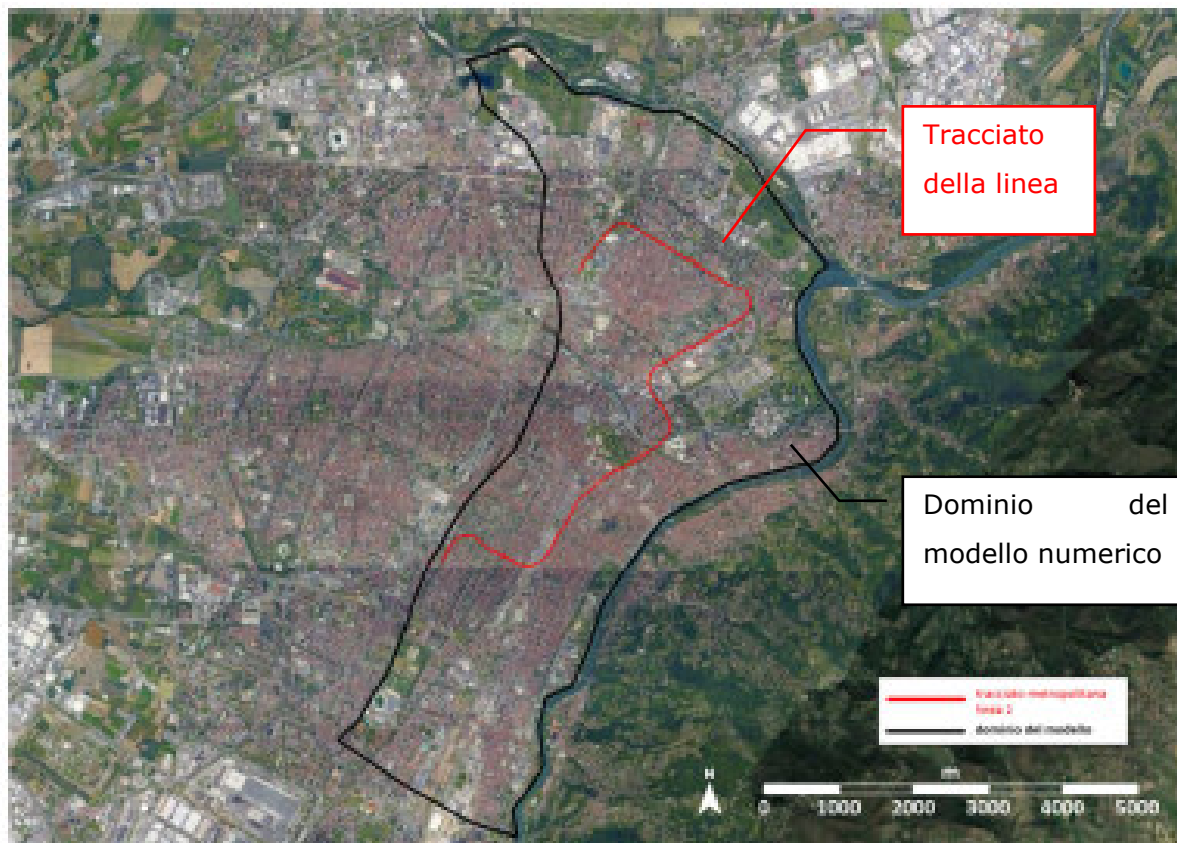


Figura 4-13 – Campo del modello idrogeologico utilizzato per verificare l'interferenza dell'opera con la falda (da figura 51 dell'elaborato 01_MTL2T1A0DGEOPENR001-0-0)

A conclusione della modellazione, il progetto segnala che:

In base ai risultati delle simulazioni, la zona in cui sono attese le maggiori variazioni della tavola d'acqua è quella compresa tra il deposito Rebaudengo e il manufatto che collega la stazione Corelli con la stazione Bologna. A seconda dello scenario considerato, gli innalzamenti e abbassamenti massimi attesi variano rispettivamente da 46 a 90 cm e da 51 a 68 cm. Per quanto riguarda le altre stazioni, le variazioni di carico idraulico simulate sono trascurabili.

ossia nel settore settentrionale del percorso. L'elaborato segnala esplicitamente, a pag. 83, che La geometria è stata modificata per inserire i manufatti di interesse interferenti con la falda. quindi il modello numerico tiene conto delle interferenze esistenti.

Dagli studi idrogeologici condotti, si può concludere che il massimo innalzamento della falda a causa dell'opera, nel tratto di Linea 2 compreso tra il deposito/officina Rebaudengo e la Stazione Bologna (tratto che include la stazione Corelli e Stazione Cimarosa-Tabacchi) è pari a 90cm nello scenario più conservativo. Il tratto più critico è in corrispondenza della stazione Cimarosa-Tabacchi, dove la soggiacenza della falda misurata nel corso della campagna di indagini condotta nel 2021 è risultata pari a 11 m di profondità dal piano campagna; l'innalzamento stimato di 90 cm è atteso a tergo delle paratie dei manufatti della galleria di linea, mentre in corrispondenza degli edifici esistenti, distanti dai 20 m ai 30 m dall'asse del tracciato, l'innalzamento atteso si riduce a 40-50 cm. Il progetto segnala che, come già avvenuto per altre opere importanti, gli eventuali effetti negativi su strutture esistenti saranno affrontati caso per caso, dal momento che l'opera non è altrimenti localizzabile, avendone già individuato il percorso ottimale ai fini della riduzione degli impatti, sempre, ovviamente, per quanto è possibile conoscere. Resta la necessità che il progetto definitivo contenga le indicazioni della posizione delle interferenze allo scopo di individuare preliminarmente gli interventi di mitigazione.

La Regione Piemonte – Settore Valutazioni ambientali e procedure integrate richiama anche l'attenzione sulle modifiche in corso del pelo libero di magra della Dora Riparia a causa della realizzazione di impianti idroelettrici. Il secondo degli impianti in argomento (Via Fontanesi) è solo recentemente entrato in fase operativa e pertanto il progetto definitivo avrà modo di tenerne conto. La linea comunque attraversa la regione fluviale nel tratto compreso fra il ponte di Via Rossini ed il ponte di Corso Tortona, quindi in un tratto in cui il livello idrometrico non è alterato dalla presenza degli impianti.

4.2.5 LE APPLICAZIONI GEOTERMICHE E LA ZONA DI ALTERAZIONE INDOTTA DALL'OPERA

Le gallerie, in generale, si prestano ad una utilizzazione geotermica installando una rete di tubazioni in materiale plastico all'interno del rivestimento in calcestruzzo.

La tecnica si è adattata all'evoluzione delle tipologie di realizzazione delle gallerie, che possono essere sintetizzate in tre schemi:

- a) Lo scavo a cielo aperto iniziale seguito dalla realizzazione di paratie laterali spinte alla profondità di progetto, quindi la copertura in superficie e la prosecuzione dello scavo in sotterraneo con asportazione dei materiali fino a raggiungere la quota di base (in cosiddetto metodo *cut & cover*);
- b) Lo scavo a sezione piena e foro cieco mediante TBM e contestuale getto del rivestimento in conci in c.a.;
- c) Lo scavo dei tratti in roccia sana con semplice rivestimento in *spritz-beton* o interventi di stabilizzazione locale con bullonature o ancora con sostegni mediante centine metalliche.

In tutti i casi è possibile inserire le tubazioni che portano il liquido usato per lo scambio di calore. In particolare, nel caso dello scavo con TBM, prima del getto dei conci, i tubi destinati a condurre il liquido utilizzato per realizzare lo scambio termico vengono introdotti e fissati alla gabbia delle armature prima del getto.

Alcuni requisiti devono comunque essere soddisfatti:

- a) L'integrità strutturale del rivestimento non deve essere compromessa dall'introduzione dei tubi;
- b) L'impermeabilità del rivestimento deve essere assicurata;
- c) Il processo di inserimento dei tubi di scambio termico deve essere integrato nel ciclo di realizzazione del rivestimento;
- d) La realizzazione dei collegamenti tra le tubazioni di conci adiacenti non deve interferire con l'avanzamento della TBM e il collegamento deve garantire la durabilità.

Il progetto di fattibilità aveva esplicitamente previsto, nella sezione 22, l'introduzione di scambiatori di calore mutuati dalle esperienze condotte nelle paratie delle tratte scavate con sistema *cut & cover* (tratta Rebaudengo-Cimitero; da BARLA et al., 2016) sia nei conci realizzati nella tratta scavata con TBM. In questo caso, è stato preso in considerazione il sistema denominato ENERTUN messo a punto presso il Politecnico di Torino (BARLA & DI DONNA, 2015) con particolare riferimento alla tratta Sud della linea dove si prevede di scavare a 21 m di profondità.

Il percorso della linea è stato suddiviso nelle tratte destinate allo scavo con TBM e con il sistema *cut & cover*. Per ciascuna tratta sono stati individuati i tipi di terreno presenti intorno alla galleria e ne sono stati assunti i valori dei parametri fisici utili in parte già noti dalle indagini geologiche (ossia: permeabilità orizzontale e verticale, la porosità, la conducibilità e la capacità termica).

Il percorso è stato diviso in tratte omogenee con riferimento a cinque parametri:

- Posizione rispetto alla falda della galleria (nel caso di sistema con TBM) o del diaframma (nel caso di sistema *cut & cover*);
- Temperatura media dell'acqua di falda;
- Direzione del flusso
- Gradiente del flusso ovvero la pendenza della superficie della falda;
- Unità geologica desunta dalla stratigrafia (i cinque complessi definiti inizialmente)

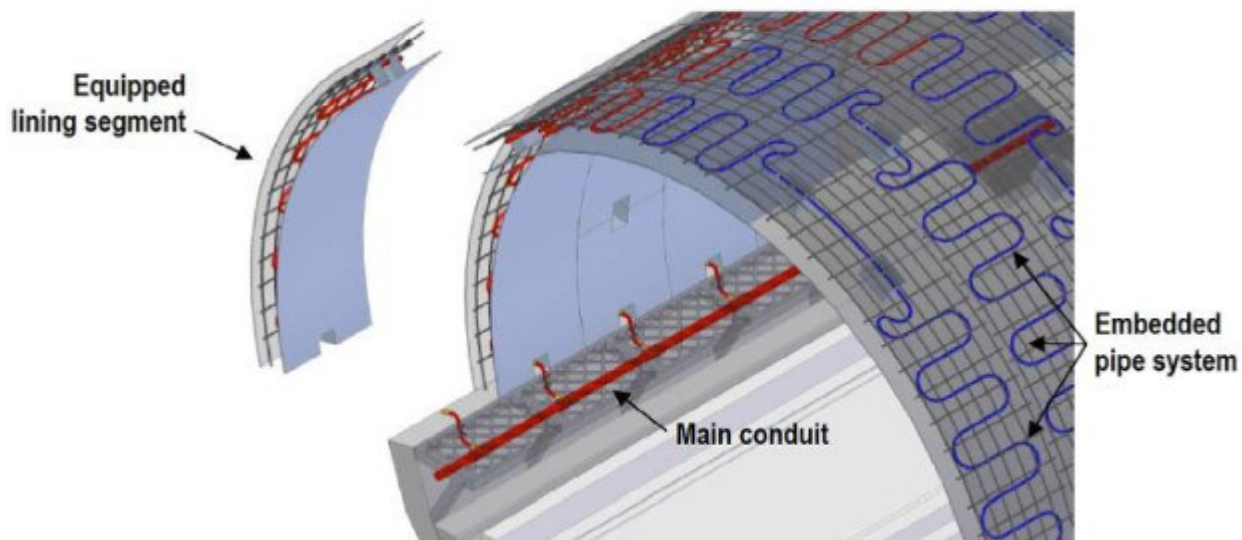


Figura 4-14 – Schema funzionale dei condotti preliminarmente inseriti nel rivestimento e vincolati alle armature prima del getto dei conci secondo il sistema ENERTUN (da BARLA & DI DONNA, 2018)

Per ciascuna tipologia di scavo è stato fissato uno schema geometrico che, nel caso dello scavo con il sistema *cut & cover* ha portato a definire 16 geometrie di cui sono state assunte le condizioni iniziali ed al contorno.

La modellazione è avvenuta con codice FEFLOW ⁽⁵⁾ che consente di analizzare il fenomeno di moto e trasporto insieme con la variazione delle grandezze idrauliche, termiche e chimiche. Elemento determinante è l'affidabilità della calcolazione stabilita controllando la convergenza. In pratica (pag. 43 dell'elaborato 01.MTO2PFLGENECOMR001-00_B), si precisa che:

Il controllo della convergenza del risultato è operato sul soddisfacimento di una tolleranza sul rapporto tra l'errore medio assoluto riferito al carico idraulico e alla temperatura e il corrispondente valore massimo nelle condizioni iniziali ed al contorno. L'errore assoluto è mediato su tutti i nodi di calcolo inclusi nel dominio e la sua stima è basata sullo scarto quadratico medio. Tale criterio è inoltre adottato dal software per il calcolo automatico dei time step di calcolo.

Le analisi sono state fatte in condizioni idrauliche stazionarie e termiche transitorie (pag. 50 dell'elaborato 01.MTO2PFLGENECOMR001-00_B). Le condizioni iniziali sono diverse per il periodo invernale (mese di gennaio) e il periodo estivo (mese di luglio) trattandosi di un'opera a scarsa profondità (pag. 50-51 dell'elaborato 01.MTO2PFLGENECOMR001-00_B).

⁵⁾ FEFLOW (Finite Element subsurface FLOW) è uno dei codici di calcolo più sofisticati per simulare il moto dell'acqua in mezzi porosi.

All'interno della galleria si sono adottate temperature incluse tra i 33°C del picco estivo e i 13°C del picco invernale. Nelle tratte scavate con TBM, la temperatura è stata considerata rappresentativa dell'aria interna alla galleria, esternamente allo strato limite posto in adiacenza alle pareti (pag. 51; elaborato 01.MTO2PFLGENECOMR001-00_B)

Si riferisce (elaborato 02.MTO2PFLGENECOMR002-00_B) che *"coerentemente alla classificazione climatica della Città di Torino (D.P.R. 412 del 26 Agosto 1993) si è considerata una stagione di riscaldamento invernale di 182 giorni dal 15 Ottobre al 15 Aprile. La stagione di raffrescamento è stata considerata conservativamente pari a 91 giorni corrispondenti al periodo tra il 1° giugno e il 31 Agosto"*.

Dal punto di vista dell'utilizzabilità della presenza dell'opera, intorno ad ogni stazione e pozzo, diventa possibile individuare un'area definita *buffer* del raggio di 100 m quale potenziale recettore. Un esempio è riportato nella Figura 4-15. Le informazioni di dettaglio relative all'ubicazione degli edifici strategici sono state reperite all'interno del catalogo del Geoportale della Città di Torino (pag. 61; elaborato 01.MTO2PFLGENECOMR001-00_B).

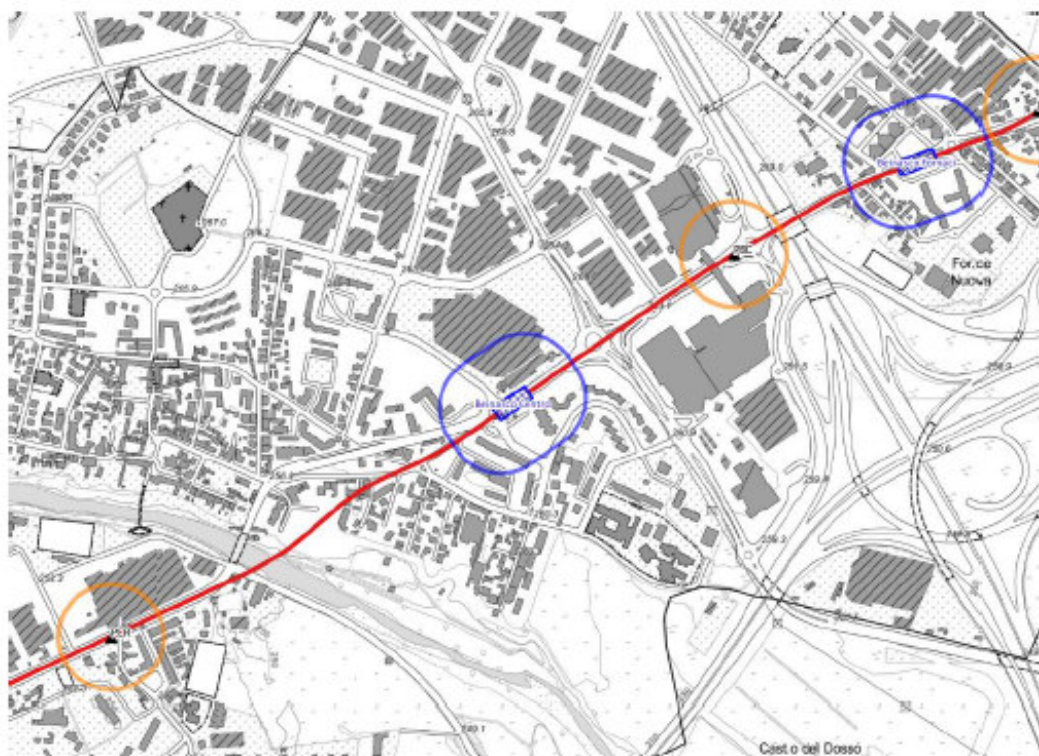


Figura 4-15 – Area *buffer* del raggio di 100 m quale recettore dell'energia derivabile dalla geotermia intorno alle stazioni o ai pozzi (da figura 30 dell'elaborato 01.MTO2PFLGENECOMR001-00_B).

La modellazione ha portato, per ciascuna tratta omogenea, ai risultati esposti in 66 schede. In conclusione, le possibilità di utilizzazione dell'opera per la produzione di calore sono descritte individuando

- Definizione dei punti di connessione tra opere sotterranee attivate termicamente e superficie topografica;
- Definizione delle aree di interesse (denominate nel seguito aree di *buffer*) entro le quali si ritiene possibile la distribuzione dell'energia termica scambiata con il terreno;
- Identificazione dei ricettori nelle aree di *buffer* sopra definite;
- Classificazione dei ricettori per tipologia ed identificazione di potenziali ricettori di particolare interesse, definiti nel seguito come "strategici".

La modellazione ha preso in considerazione, nel caso delle tratte scavate con lo schema *cut & cover*, un volume delimitato a 70 m di distanza dai diaframmi con un bordo inferiore a 30 m dal fondo degli stessi (pag. 48; elaborato 01.MTO2PFLGENECOMR001-00_B).

Per il tratto scavato con TBM, il volume oggetto di modellazione ha larghezza 149.6 m, altezza 69.6 m e spessore 13.5 m (corrispondente a 9 anelli da 1.5 m), con 2896452 elementi prismatici triangolari a sei nodi.

Interesse rilevante riveste l'indagine sull'alterazione indotta dall'attivazione dell'impianto geotermico nel terreno circostante (elaborato MTL2T1A0DAMBGENR012-0-0.DOCX). Al momento, si fa riferimento alle indagini condotte nell'ambito del progetto di fattibilità (PFTE) reperibili negli elaborati 01.MTO2PFLGENECOMR001-00_B e 02.MTO2PFLGENECOMR002-00_B. L'analisi ha permesso di indagare la diffusione del calore nel sottosuolo al contorno della galleria. L'indagine è riferita ad una condizione di equilibrio a breve termine. Le analisi numeriche sono infatti state effettuate con riferimento ad un arco temporale di 60 giorni, di cui 30 giorni in assenza di attivazione termica e 30 giorni in presenza di attivazione termica.

L'indagine mostra che nella stagione invernale si genera una zona di alterazione di temperatura massima pari a $\pm 8^{\circ}\text{C}$ in una fascia di ampiezza inferiore ad 1. In estate, la fascia di alterazione massima raggiunge $\pm 12^{\circ}\text{C}$, ma anche in questo caso si tratta di una fascia di ampiezza inferiore ad 1 m. Allontanandosi progressivamente dall'intradosso della galleria, l'alterazione della temperatura sia in estate che in inverno diminuisce progressivamente e raggiunge una distanza massima pari a circa 70 m.

A lungo termine, invece, la zona alterata si amplia indicativamente da 3 a 5 volte la massima estensione dell'alterazione a breve termine.

In pratica, entro la fascia di 70 m si fanno variazioni di $\pm 2^{\circ}\text{C}$, entro 18 m si hanno variazioni di $\pm 4^{\circ}\text{C}$ e entro 7 m dall'estradosso si arriva a $\pm 6^{\circ}\text{C}$.

In sede di progetto sono state condotte indagini sui fabbricati potenzialmente interferenti con lo scavo della linea e relative ricerche d'archivio e, dalle informazioni disponibili non risultano

interferenze fisiche tra la futura infrastruttura metropolitana (galleria di linea, stazioni e manufatti in progetto) ed impianti geotermici esistenti.

La Regione Piemonte – Settore Valutazioni ambientali e procedure integrate propone di introdurre una fascia di controllo di 350 m a lato della linea al fine di censire gli impianti esistenti e futuri. La richiesta ha immediati effetti sulle NTA del PRGC, che devono introdurre procedure di acquisizione dei progetti di impianti geotermici: la richiesta ha infatti la finalità di *“di proteggere da plume termici generati da terzi e provenienti da monte “idrogeologico” l’ENERTUN nonché a salvaguardare soggetti terzi posti a valle “idrogeologico” che potrebbero subire a loro volta interferenze dal plume termici generati dall’ENERTUN”*.

La richiesta è condivisibile in vista del prevedibile incremento degli impianti geotermici e delle correlate influenze reciproche. Resta il principio che l’opera non è altrimenti localizzabile e pertanto condiziona le richieste future.

5 GLI ASPETTI IDRAULICI

Il tracciato proposto interferisce con la regione fluviale della Dora Riparia nel tratto compreso fra le stazioni chiamate Novara e Mole-Giardini Reali. Nella tratta in argomento ricadono la stazione Verona ed i pozzi denominati PVR, PMO, EMO.

Il PAI assume come riferimento l’evento di piena con tempo di ritorno 200 anni rispetto al quale i manufatti in argomento, costituiti in definitiva, dagli accessi all’infrastruttura sotterranea, devono essere progettati con franco adeguato al bene esposto.

Una preoccupazione circa l’effettiva area inondabile era già stata recepita nell’ambito della Variante 100 del 2008, in cui, come ricordato nel parere espresso da Regione Piemonte ⁽⁶⁾, era stata introdotta, a soli fini di riduzione della pericolosità, una quota definita di riferimento per le nuove edificazioni. La procedura di utilizzo costituisce il Capitolo 4 dell’Allegato B – Norme sull’assetto idrogeologico di adeguamento al PAI (CITTÀ DI TORINO, 2004)

5.1 In merito alla Dora Riparia

La Dora Riparia in Torino è un corso d’acqua di estremo interesse per due aspetti. Da una parte, il regime delle portate è ragionevolmente stabile dal momento che la curva di durata delle portate mostra che le stesse non scendono mai sotto il 50% della portata media (PULSELLI, 1964; Fig. 4) e spiega perché l’impianto del primo nucleo industriale nel XIX secolo è avvenuto proprio in Borgo Dora; dall’altra parte, la determinazione dei valori delle portate di piena è incerta a causa della anomala distribuzione delle precipitazioni sul bacino, notoriamente decrescenti con l’altitudine e la dislocazione lungo l’asse vallivo.

La modellazione bidimensionale, ora attuata sulla base della disponibilità di una geometria adeguata, ha permesso di dare risposte conclusive e permetterebbe anche la corretta

⁶) citato a pag. 3 della premessa (Elaborato 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-0)

valutazione della vulnerabilità di aree limitate, ma pericolosamente depresse rispetto al resto e quindi allagabili con altezze d'acqua rilevanti (per esempio, cortili o locali interrati).

L'argomento della pericolosità della Dora Riparia nella regione fluviale in Torino fu affrontato all'epoca della Variante 100 del PRG richiamando la seguente raccomandazione:

“La Dora Riparia richiede grande attenzione nel tronco attraversante il centro urbano in quanto nessuna delle opere di attraversamento risulta dimensionata con abbondanza rispetto alla portata di riferimento. La stessa portata di riferimento appare prossima ai valori già osservati (per esempio nel giugno 1957) e, come sottolineato in conclusione del paragrafo dedicato all'idrologia del bacino, essa appare influenzabile dai provvedimenti di contenimento delle piene eventualmente presi nel medio bacino. Pertanto, è opportuno che la situazione descritta trovi adeguata attenzione nel Piano di Protezione civile di Torino in riferimento alle modalità di allagamento, per eventi ovviamente superiori a quello di riferimento, delle aree comprese in sponda sinistra fra Corso Potenza e Via Livorno, di quelle immediatamente a monte del Ponte Mosca e infine delle aree, sempre in sponda sinistra, al Regio Parco. L'esistenza di uno strumento adeguato allo scopo come il DTM del Comune di Torino (non ancora disponibile per i settori interessati, alla data del rapporto) potrà permettere adeguate verifiche con modelli numerici bidimensionali”.

L'incertezza richiamata nella premessa in merito ai valori di portata di piena della Dora Riparia è chiaramente desumibile osservando il riepilogo presentato con riferimento alla sezione di confluenza in Po (1330 km² di bacino idrografico sotteso).

Tabella 5-1 -Riepilogo delle portate di riferimento desumibili dai documenti

	Q10	Q20	Q100	Q200	Q500
Direttiva 3 allegata al PAI (2001)		270	490	540	590
Variante 100 al PRG (2004)			500	550	750
Studio di fattibilità (2003) alla sezione 1		301		632	800
Progetto di Variante al PAI (2007)				630 ⁽⁷⁾ 530 ⁽⁸⁾	
PGRA (2016)	300			630	890

L'incertezza deriva anche dall'assenza di stazioni di misura delle portate in sezioni significative e per periodi accettabili. La stazione idrometrica al ponte Ange Gardien di Oulx di Oulx (1927-56) non venne infatti più ripristinata dopo la piena del giugno 1957, allorché l'allora Ufficio idrografico del Po aveva assegnato il valore di 300 m³/s (CANALI, 1959), a cui risulterebbe attribuibile un tempo medio di ritorno di 200 anni in base allo studio di fattibilità dell'AUTORITÀ

⁷) All'ingresso in Torino (pag. 28 di AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2006)

⁸) A seguito della realizzazione della cassa di laminazione

DI BACINO DEL FIUME PO (2003; pag. 89) ⁽⁹⁾. La stazione idrometrica di S. Antonino (1927-53) non fu più seguita dall'Ufficio idrografico del Po dopo l'evento del 1957, ma restò in gestione al Consorzio irriguo: la sua collocazione non è adatta a misurare portate superiori a 200 m³/s circa in quanto si verificano esondazioni proprio poco a monte della stazione.

Le piene storiche della Dora Riparia sono, in sintesi, riconducibili a quanto segue.

– l'ottobre 1839, allorché, dopo "39 giorni di quasi continua e dirotta pioggia" ⁽¹⁰⁾ alle ore 9 del 16 ottobre la corrente arrivò "poco più, poco meno a 65 cm sotto il peduzzo della volta del gran ponte" (GAZZETTA PIEMONTESE, 1839 citata in CROSIO e FERRAROTTI, 1996; pag.112). Si tratta dell'opera, per i tempi arditissima (unica campata ad arco di 45 m di luce), che Carlo Bernardo Mosca aveva eretto nel periodo 1823-1830 (SASSI PERINO & FARAGGIANA, 2002; pag. 27). L'altezza indicata risulta ancora indicata come corrispondente alla massima piena nello schema del ponte nei documenti del Civico Ufficio Tecnico (MAFFIOLI, 1978; pag.46) dove si trova la figura seguente ⁽¹¹⁾

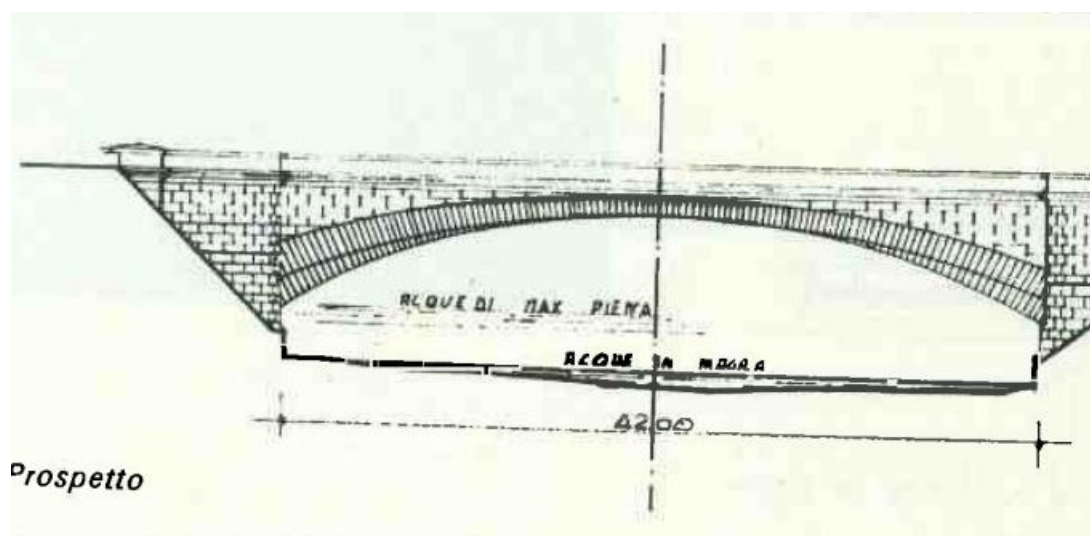


Figura 5-1 – Schema del ponte Mosca con indicazione del livello con la tradizionale dicitura di "massima piena" (da MAFFIOLI, 1978)

Il livello in argomento, come compare nella figura, risulterebbe alla quota 225.12 circa corrisponderebbe, nelle condizioni attuali dell'alveo, ad una portata di 350 m³/s. Tale valore potrebbe essere attribuito all'evento del 2008 per il quale è disponibile una fotografia del ponte alle ore 21 con il pelo libero giusto all'imposta dell'arco.

⁹⁾ 308 m³/s alla sezione 140 corrispondente al ponte

¹⁰⁾ L'ottobre 1839 fu una delle grandi piene del Po padano (Gallizia,

¹¹⁾ Il Ponte Mosca [...] risulta avere l'impalcato a quota 232.92 e, dal disegno, si ricava la quota 225.12 per l'imposta dell'arco e 221.90 per le acque di magra. Nel volume del MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI (1883), si riferisce la quota della magra a 222.24, donde la quota della piena dell'ottobre 1839 sarebbe arrivata a 224.47 e la piena del giugno 1876 a quota 224.24.

– il giugno 1876, allorché fu raggiunta la massima altezza idrometrica al Ponte della Giaconera, presso Borgone, pari a 2.48 m sopra lo zero idrometrico (il quale risultava collocato alla risega di fondazione della pila sinistra; MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI, 1878) dell'allora idrometro che non fu più mantenuto dopo il 1926, essendo entrato in funzione l'idrometro di Sant'Antonino. La piena del giugno 1876 viene riferita con altezza di 2.0 m sulla magra al ponte Mosca in Torino, quindi, per i citati riferimenti dell'epoca, a quota 224.24 m;

– il settembre 1920 fece registrare una piena dei corsi d'acqua alpini occidentali, ma non sono state rinvenute notizie di rilievo. Si trova indicazione del valore di 350 m³/s. Il livello della piena del 1920 risulta riportato, quale pelo libero massimo, sul progetto della tombatura della Dora da Via Livorno al ponte FS in adiacenza al corso Principe Oddone con una quota di 229.45 al ponte Amedeo IX e di circa 228 al ponte Alberto del Belgio ⁽¹²⁾.

– il giugno 1957 registrò ingenti devastazioni in tutta la valle di Susa. A Torino, la portata della Dora fu oggetto di una valutazione indiretta di portata. Nel tronco compreso fra il Ponte Carlo Emanuele (C.so Tortona) ed il Ponte Emanuele Filiberto (Via Fontanesi), alle ore 3 della notte del 15 giugno, i tecnici della IV Ripartizione del Comune di Torino misurarono il pelo libero rispettivamente a quota 219.11 e 217.91 m. Applicando con la relazione di Kutter un coefficiente $m = 0.70$ ⁽¹³⁾, si ricavava dalla geometria delle sezioni e dalla pendenza pari a 0.00186, una velocità media di 4.5 m/s ed una portata di 502 m³/s (PROVINCIA DI TORINO, 1959). Il valore, pur con le considerazioni esposte nella nota, è apparso, nell'applicazione del modello numerico, adeguato. Sul disegno del ponte Mosca reperibile nell'archivio della IV Ripartizione del Civico Ufficio Tecnico (si segnala l'errore di trascrizione del valore della luce del ponte indicata pari a 42 m anziché 45 m) è riportata la piena del giugno 1957 cui viene attribuita la quota 225.92 m, abbondantemente sopra l'imposta dell'arco. La modellazione nelle condizioni attuali fornirebbe il valore di 430 m³/s corrispondente alle quote 226.34,

⁽¹²⁾ La consultazione del documento avvenne presso la Direzione della Zoppoli e Pulcher in Torino. La quota 228 al ponte Alberto del Belgio confermerebbe la portata di 350 m³/s nell'ambito della modellazione nelle condizioni attuali, che porterebbe alla quota di 229.34 al ponte Amedeo IX ancora confrontabile con il valore segnalato di 229.45.

⁽¹³⁾ La relazione di Kutter ha la forma $\chi = \frac{100 \cdot \sqrt{R}}{\sqrt{R} + m}$ con m fornito da apposite tabelle nei

manuali (si veda per esempio, in dettaglio, De Marchi, Idraulica, al fondo della parte seconda)

da cui si deduce, per confronto con la formulazione di Manning secondo cui $\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}$,

che, a parità di raggio idraulico, ad $m=0.70$ corrisponde $n=0.017$. Si deve osservare che dall'esame di numerose valutazioni indirette di portata si ricava l'impressione che la valutazione della scabrezza effettuata mediante le formule in uso nei decenni scorsi porti a sottovalutazioni della stessa, quindi a sopravvalutare la velocità e di conseguenza la portata. Il valore più elevato di m dalla citata tabella ($m = 2.50$) per canali in abbandono o alvei naturali con alveo in grossa ghiaia porterebbe al valore $n = 0.035$ secondo Manning che si ritiene, in base alla citata esperienza, oggi attribuibile ad alvei naturali quali quelli attraversanti l'area torinese.

219.09, 217.24 rispettivamente al ponte Mosca, al ponte Carlo Emanuele e al ponte Emanuele Filiberto con buon accordo solo al ponte di Corso Tortona.

– per l'evento del novembre 1994, SACCARDO & TOMASINO (1995) forniscono il dato rilevato all'idrometro del Ponte Washington a cui viene attribuita una portata di 320 m³/s ⁽¹⁴⁾.

– per l'evento dell'ottobre 2000, vale l'osservazione delle tracce della piena effettuata subito dopo la piena. In merito, al Ponte di Corso Potenza risulta un livello a 240.61 m a cui corrisponderebbe una portata di poco superiore a 526 m³/s ⁽¹⁵⁾, ma la Dora era straripata già alla Pellerina invadendo Corso Regina Margherita all'altezza dell'allora Teksid.

In conclusione, ridotti valori di portata possono essere attesi nella Dora Riparia sia per la conformazione dell'alveo a monte dello sbocco sul cono di deiezione post-glaciale, sia per la minore alimentazione in termini di precipitazioni intense. A suffragio di tale seconda considerazione, vale l'osservazione che due delle quattro maggiori piene note (1839, 1876, 1920, 1957) sono avvenute in giugno (1876 e 1957) allorché la portata dipende dalla concomitante fusione della neve. A queste ultime si potrebbe, a ulteriore prova di quanto affermato, aggiungere l'evento del maggio 2008.

Le considerazioni ritraibili da quanto sopra riassunto inducono a ritenere che le portate assunte nella progettazione della Linea 2 siano ampiamente cautelative.

5.2 La modellazione 2D

La modellazione 2D è stata invocata nell'ambito del parere AIPO ⁽¹⁶⁾ ed è stata attuata assumendo le portate contenute nel PGRA (Figura 5-2).

Tab. 4.16: portate di piena per il torrente Dora Riparia

Bacino	Corso d'acqua		Sezione		Superficie	Q10	Q200	Q500	Idrometro
		Progr. (km)	Cod.	Denomin.	km²	m³/s	m³/s	m³/s	Denominazione
Dora Riparia	Dora R.	31.970	140-1P	Oulx	262	130	310	420	Dora R. a Oulx
Dora Riparia	Dora R.	38.800	128-1P	Salbertrand	556	200	450	610	
Dora Riparia	Dora R.	55.390	110-1P	Susa (monte confl. Cenischia)	697	240	530	720	Dora R. a Susa - via Mazzini
Dora Riparia	Dora R.	56.410	108-1P	Susa (valle confl. Cenischia)	844	260	580	800	Dora R. a Susa
Dora Riparia	Dora R.	63.420	097-1P	Bussoleno	-	250	540	710	
Dora Riparia	Dora R.	71.890	085-1P	Borgone Susa	1155	250	530	700	
Dora Riparia	Dora R.	91.010	052	Rosta	-	300	680	950	
Dora Riparia	Dora R.	98.750	033-1P	Alpignano	-	310	650	980	
Dora Riparia	Dora R.	114.190	014-1P	Torino	1330	300	630	890	

Figura 5-2 - La tabella 4.16 del PGRA contenente le portate di riferimento della Dora Riparia a Torino a confluenza Po (bacino sotteso 1330 km²).

⁽¹⁴⁾ TROPEANO (1994) riporta una fotografia di L. Mercalli della piena ripresa a valle del ponte Emanuele Filiberto (Via Fontanesi) con l'indicazione di una portata "di circa 450 m³/s" senza indicazioni della fonte.

⁽¹⁵⁾ La portata di 527 m³/s arriverebbe già all'intradosso del ponte (quota 240.86)

⁽¹⁶⁾ Citato a pag. 2 della premessa (Elaborato 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-0)

A seguito delle citate verifiche con modellazione 2D sviluppate nell'ambito del progetto definitivo, sono stati ottenuti gli effetti dell'evento con tempo medio di ritorno di 500 anni.

L'ulteriore approfondimento della modellazione ha anche permesso di verificare che la progettazione dei varchi con riferimento alla portata cinquecentennale risulta cautelativa anche a fronte della possibile occlusione parziale dei ponti in occasione del convogliamento della piena di riferimento con tempo di ritorno 200 anni.

Inoltre, l'evento cinquecentennale del PGRA (pari a 890 m³/s) risulta cautelativo anche a fronte del valore che il Centro funzionale dell'ARPA ha attribuito alla portata duecentennale (780 m³/s).

L'analisi deve essere considerata definitiva in quanto, una volta realizzata la cassa di laminazione di Caselette-Alpignano, le portate circolanti saranno inferiori. I risultati sono un aggiornamento di quanto assunto nella citata Variante 100 del PRG, che aveva assunto come riferimento, la portata duecentennale di 550 m³/s ricavata dall'analisi idrologica dei dati disponibili. Il valore era congruente con il valore (532 m³/s) ricavato da una approfondita analisi idrologica condotta per la determinazione dell'allora previsto attraversamento della Dora da parte del quadruplicamento della linea ferroviaria (FERROVIE DELLO STATO, 1997) ⁽¹⁷⁾.

Il campo di inondazione conseguente è mostrato nella Figura 5-4, da cui emerge che la pericolosità deriva dell'insufficiente convogliamento dei ponti a partire, nel tronco illustrato nella figura, da Via Cigna. Il ruolo dei ponti era emerso nel corso della piena dell'ottobre 2000 e, in particolare, l'assetto del ponte di Via Bologna aveva indotto, nell'ambito degli studi per la Variante 100, ad approfondire il campo di inondazione in sinistra Dora simulando gli effetti dell'intrusione di 40 m³/s in corrispondenza del detto ponte. La simulazione aveva posto in evidenza l'ampiezza della regione fluviale in sinistra Dora, che arriva a comprendere metà cimitero seguendo l'originaria sponda la cui scarpata è riscontrabile ancora, a luoghi, nella rete stradale oltreché nel cimitero stesso.

¹⁷⁾ A dimostrazione della cautela connessa alle decisioni circa l'assunzione della piena cinquecentennale per i varchi di accesso alle strutture connesse con la Linea 2, vale la pena di richiamare come nell'analisi condotta per la Variante 100, la portata attribuita dal PGRA alla portata duecentennale conseguiva al ragionamento secondo cui:

"ammettendo l'esistenza di una differenza fra il regime idrologico della parte montana e quello dei tributari a valle di S. Antonino, ivi compresi i territori di pianura, si utilizzano i risultati dell'elaborazione probabilistica dei valori osservati a S. Antonino e si aggiunge il contributo della restante parte di bacino. A questo punto, la stima della portata presumibile, in occasione di eventi catastrofici, dell'area restante compresa fra la stazione di S. Antonino e lo sbocco in pianura. L'area dei citati tributari somma a circa 150 km². Dalla relazione ricavata dall'inviluppo dei massimi osservati in occasione di piene catastrofiche nei bacini di pianura e nei bacini alpini a minore precipitazione in Piemonte $q = \frac{500}{A+90} + 0.4$ m³/s km² per A = 150

km² si ricava la portata di Q=372 m³/s. Nell'ipotesi dell'evento più sfavorevole in cui il contributo dei bacini tributari del corso inferiore si sommi, per una sorta di sovrapposizione degli effetti, con quello del corso superiore, si otterrebbe il valore Q = 632 m³/s."

CITTA' DI TORINO
Metropolitana automatica di Torino – Linea 2 – Tratta Politecnico Rebaudengo
RELAZIONE SULLE TEMATICHE IDROGEOLOGICHE



Figura 5-3 – Campo di inondazione da PGRA

ANSELMO associati

Via Vittorio Emanuele, 14 10023 CHIERI (Torino)

Tel./ Fax 011-941 58 35 e-mail: info@anselmoassociati.it

CITTA' DI TORINO
Metropolitana automatica di Torino – Linea 2 – Tratta Politecnico Rebaudengo
RELAZIONE SULLE TEMATICHE IDROGEOLOGICHE

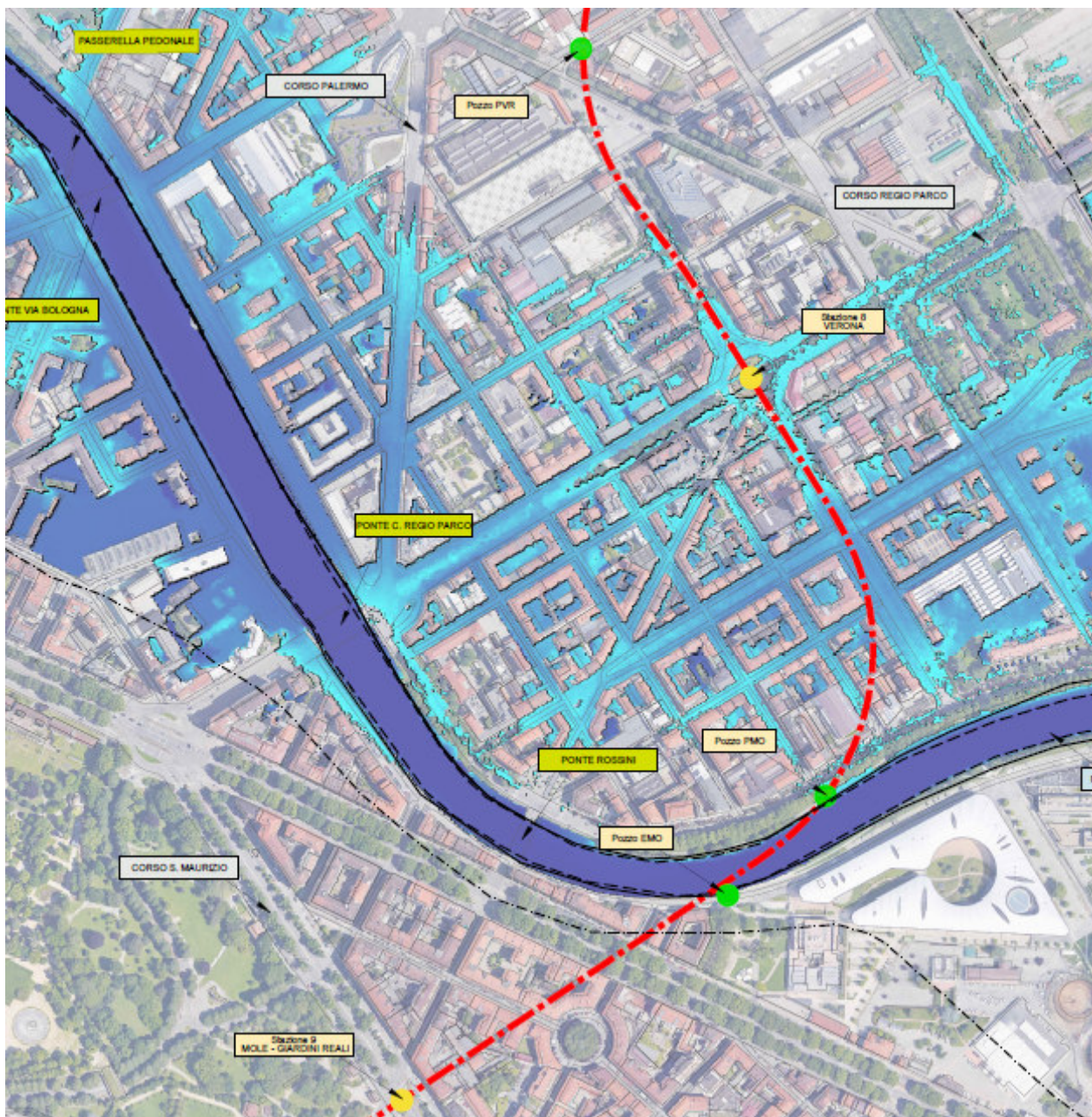


Figura 5-4 – Area inondabile per evento con tempo di ritorno 500 anni ottenuta da modellazione 2D (elaborato 18_MTL2T1A0DIDRGENT007.2-0-0).

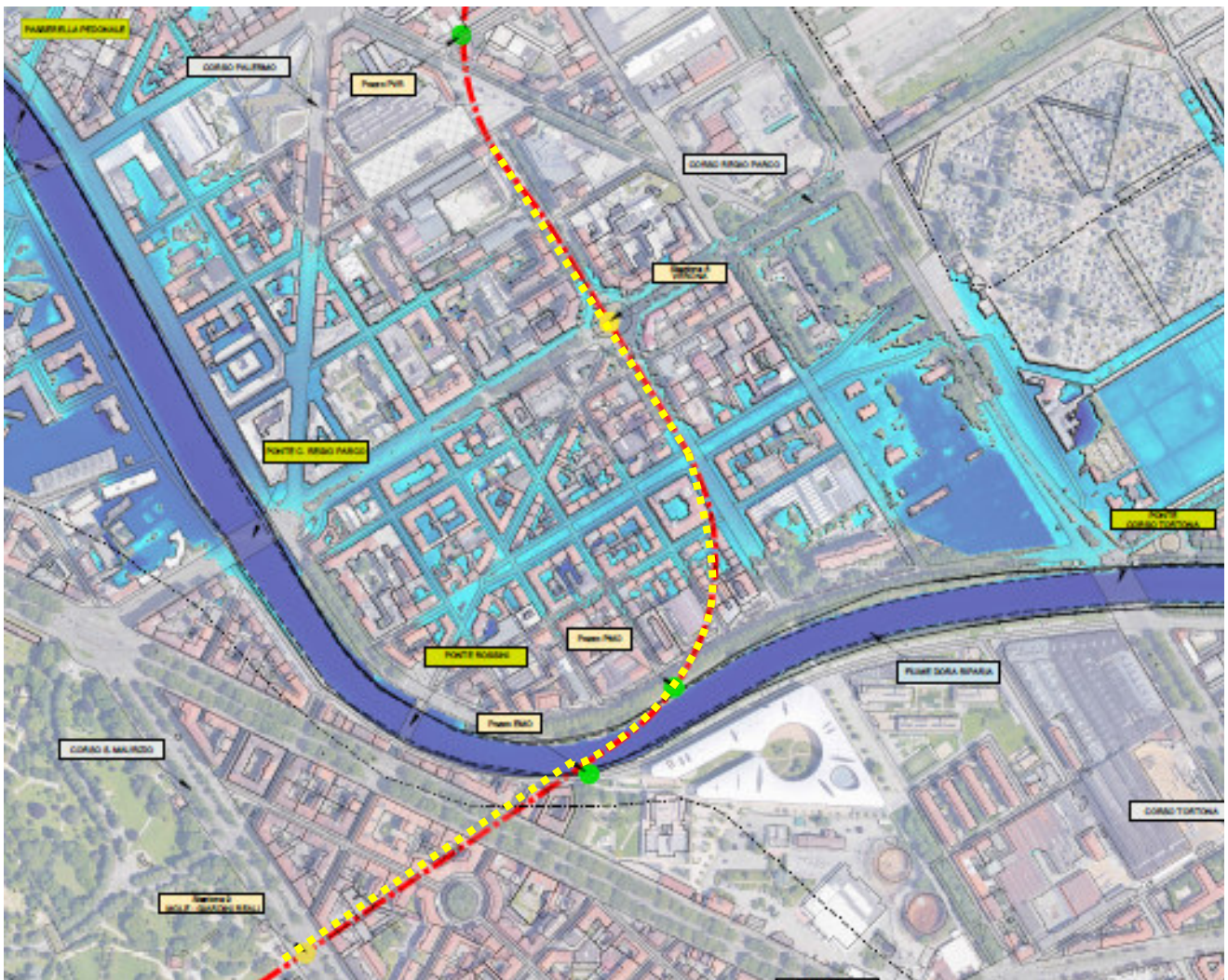


Figura 5-5 – Area inondabile per evento con tempo di ritorno 200 anni e parziale occlusione del ponte di Via Bologna (elaborato 30_MTL2T1A0DIDRGENT011.2-0-0)

CITTA' DI TORINO
Metropolitana automatica di Torino – Linea 2 – Tratta Politecnico Rebaudengo
RELAZIONE SULLE TEMATICHE IDROGEOLOGICHE

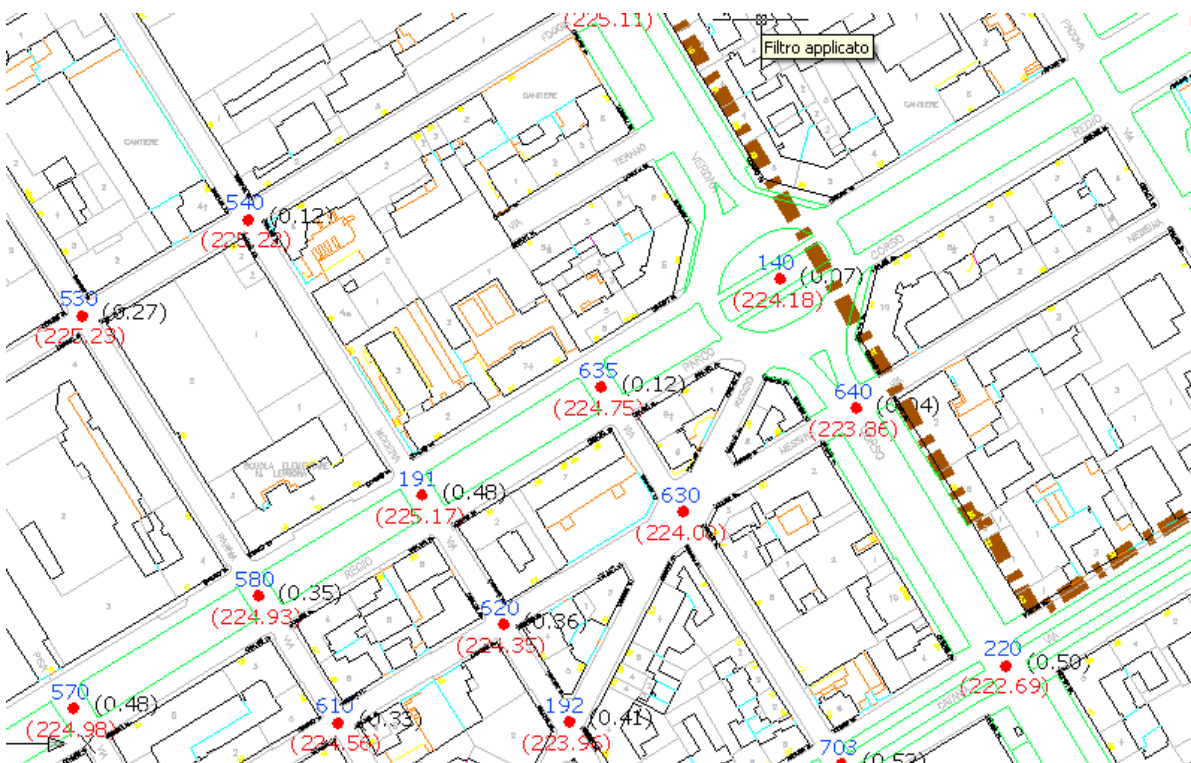
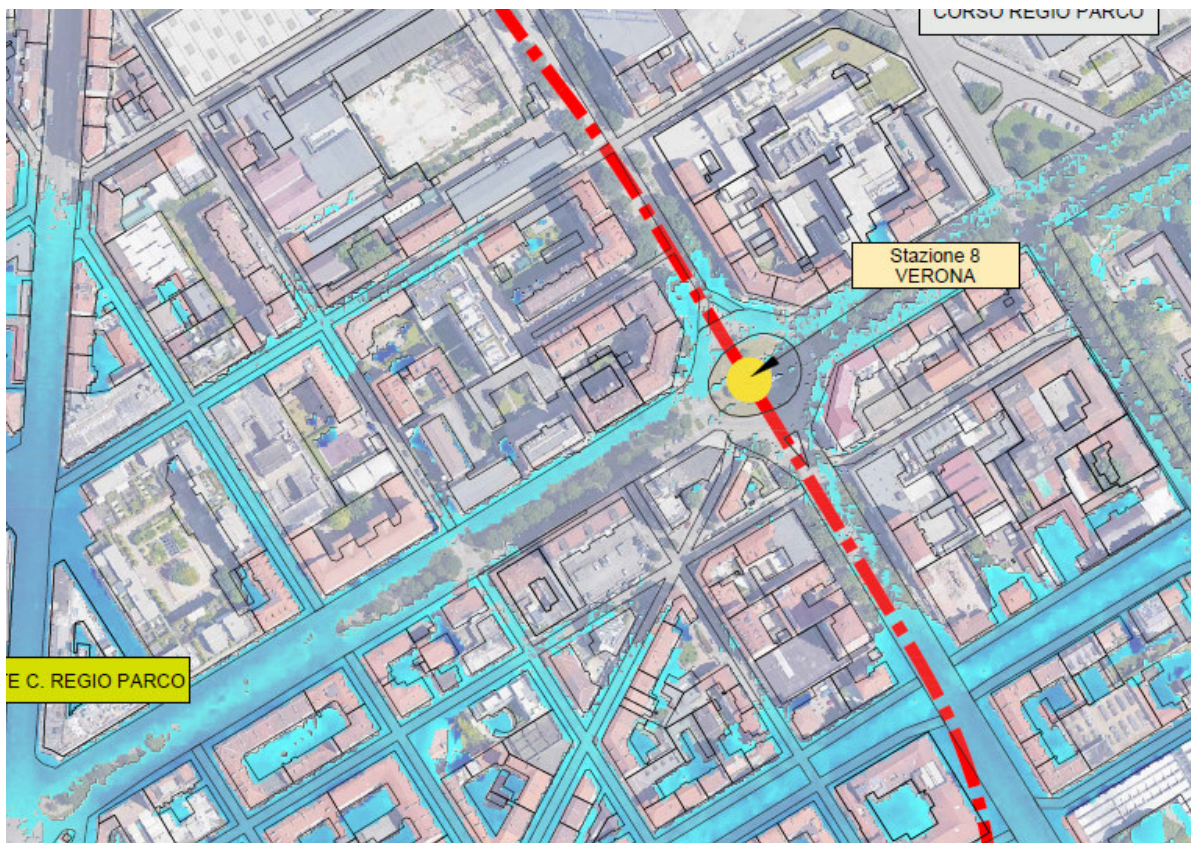


Figura 5-6 – Confronto della mappa riferita a Tr500 anni allestita nel progetto (elaborato 18_MTL2T1A0DIDRGENT007.2-0-0) e il documento allestito all'epoca della Variante 100 con l'ipotesi di esondazione al Ponte Bologna.

5.3 Conclusioni

In base all'indagine storica sopra riportata, emerge la certezza di concludere che la decisione di assumere la portata con tempo di ritorno 500 anni risulta cautelativa a seguito di quanto riferito nel paragrafo 5.1 ⁽¹⁸⁾. L'area inondabile conseguente a tale assunzione ricade, per il settore di interesse della Linea 2 ⁽¹⁹⁾ entro la Fascia C riportata nell'allegato tecnico n.3 al PRG denominato "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica". In conclusione, non è necessario provvedere ad aggiornamenti del citato allegato, come meglio riferito nel paragrafo seguente.

Merita ancora segnalare che la citata Carta di sintesi riporta le aree inondabili in accordo con la Deliberazione 9/2007 del Comitato istituzionale dell'Autorità di bacino. Le stazioni in argomento (Novara e Verona) sono comprese entro la Fascia C, ma all'esterno delle aree inondabili (Figura 6-2). Si evidenzia pertanto il grado di cautela attribuibile all'assunzione sopra citata.

5.4 Vincoli relativi alle strutture correlate alla linea

L'analisi idraulica ha definito le quote della potenziale sommersione conseguente all'evento con tempo medio di ritorno 500 anni nella regione fluviale compresa entro la Fascia C e consente di definire le quote per la sicurezza idraulica delle strutture correlate alla linea che ivi ricadono.

I risultati sono esposti nella tabella che segue in cui si danno indicazioni in merito ai dispositivi di contenimento mobili da collocare in corrispondenza degli accessi alle stazioni; i pozzi invece sono stabilmente corredati di un parapetto alto 1.20 m.

Tabella 5-2 – Definizione delle quote per la sicurezza idraulica

Stazione	Codifica	Quota media terreno m s.l.m.	Livello idraulico TR 500 anni m s.l.m.	Quota di sicurezza idraulica m s.l.m.	Altezza strutture di contenimento m
Novara	NO_1	226,1	226,4	226,9	0,8
	NO_2	225,7	226,4	226,9	1,2
PVR	PVR	225,8	226,3	226,8	1,0
Verona	VR_1	224,5	224,8	225,3	0,8
	VR_2	223,5	223,8	224,3	0,8
EMO	EMO	224,0	223,3	223,8	-0,2
PMO	PMO	222,8	223,2	223,7	0,9

¹⁸⁾ In pratica, i pochi eventi di piena della Dora nel corso degli ultimi duecento anni hanno fatto registrare portate dell'ordine di 350 m³/s con eccezione della piena del giugno 1957 (420 m³/s) e dell'ottobre 2000 (circa 530 m³/s) stimati introducendo i livelli noti nella modellazione numerica. Per quanto riguarda il giugno 1957, si osserva in ANSELMO (1985), che un valore diverso (502 m³/s) fu attribuito da PROVINCIA DI TORINO (1959) assegnando una scabrezza secondo Kutter pari a 70. Tale valore corrisponderebbe, per il raggio idraulico dichiarato pari a 2.40 m) ad un valore secondo Manning pari a n = 0.017, ritenuto assai basso, donde il valore di portata minore ottenuto nella valutazione ora proposta.

¹⁹⁾ Elaborato 02_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-0 (figura 23).

6 I RAPPORTI CON IL PRGC VIGENTE

Gli aspetti idraulici richiamano il rapporto con il PRGC vigente. La Variante 100 aveva portato alla revisione delle fasce fluviali e il successivo Studio di fattibilità (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2003) aveva ridefinito le portate di riferimento. I risultati sono confluiti nel PGRA (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2016) che ha elaborato la rappresentazione illustrata nella Figura 6-1.

Il PRGC vigente assume come riferimento per la pericolosità da inondazione nell'area di pianura e quindi per l'idoneità all'utilizzazione urbanistica delle aree, la sopra citata Carta di sintesi il cui stralcio di interesse è riportato nella Figura 6-2.

La Carta di sintesi, nella sua versione vigente, riporta le indicazioni fornite dallo Studio di fattibilità citato (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2003), che individuò nuovi valori per le portate di riferimento recepite nella Deliberazione 9/2007 che propose uno stato di progetto conseguente alla cassa di laminazione di Alpignano (se ne vedano i valori in Tabella 5-1). In conclusione i valori nello stato attuale sono contenuti nel PGRA come indicato nella Tabella 5-1, con incremento, rispetto alla Variante 100, da 550 a 630 e da 590 a 890 rispettivamente per i tempi di ritorno di 200 e 500 anni.

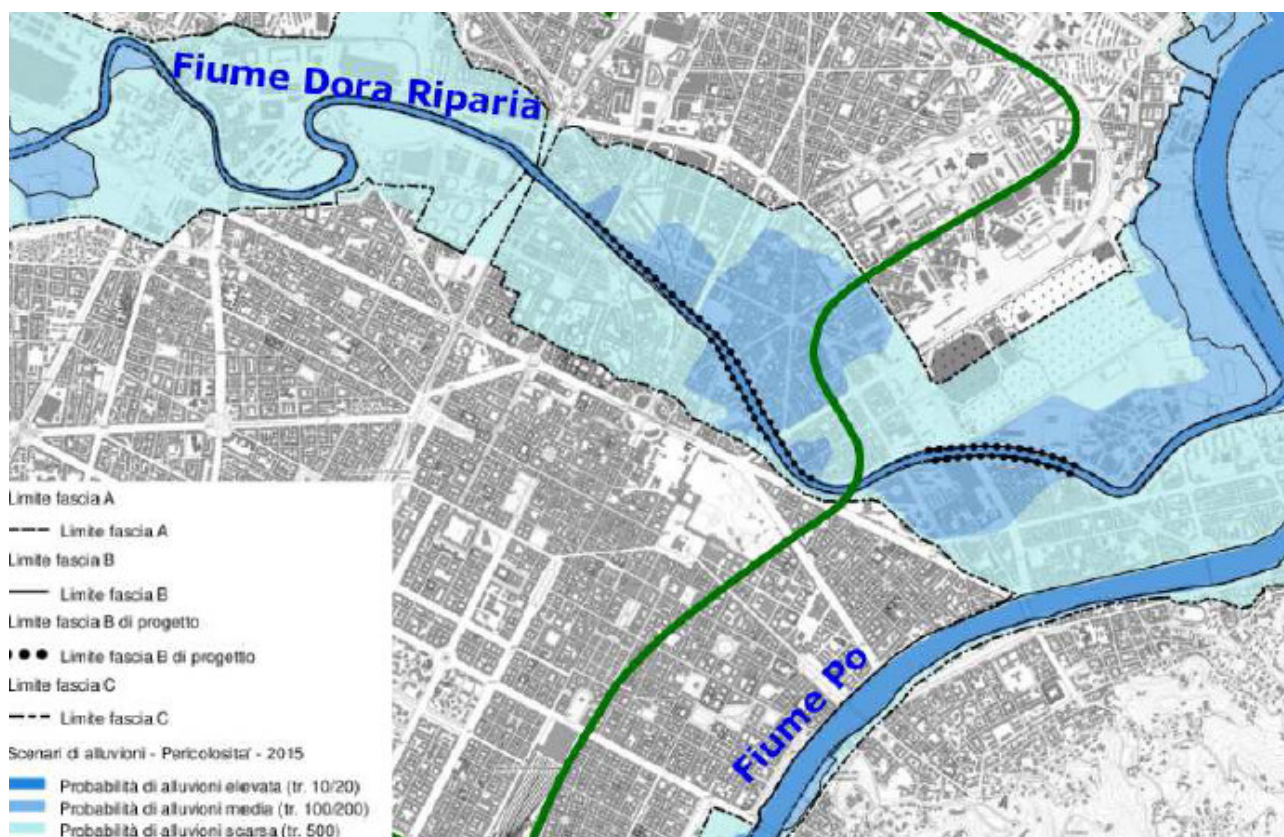


Figura 6-1 – Rappresentazione della pericolosità lungo il tratto urbano della Dora Riparia secondo la rappresentazione fornita dal PGRA.

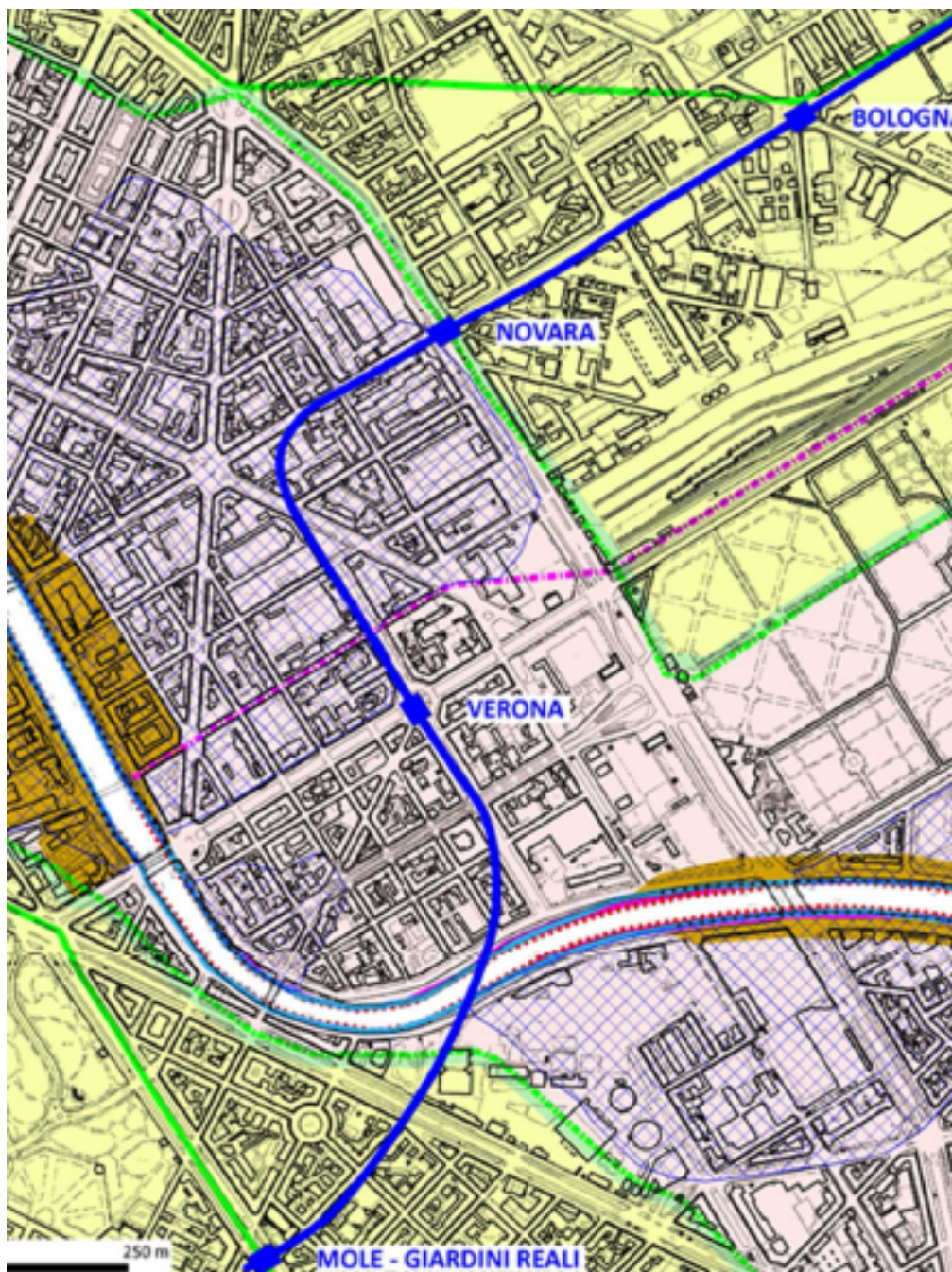


Figura 6-2 - Estratto dalla figura 5 dell'elaborato 01_MTL2T1A0DGEOPENR001-0-0 con la Carta di sintesi del PRGC vigente sottoposta al tracciato della tratta centrale della Linea 2 con le previste stazioni. I significati dei diversi colori della carta sono individuati nella legenda qui riportata nella Figura 6-3. I simboli che individuano la Fascia B di progetto (pallini neri) sono scarsamente individuabili a fronte dei simboli rossi che segnalano la fascia A, dove si separa dalla Fascia B (pertanto, si faccia riferimento alla precedente Figura 4-1. Le aree con tratteggio incrociato blu individuano le aree risultate inondabili dopo la revisione delle portate attuata dal PGRA.

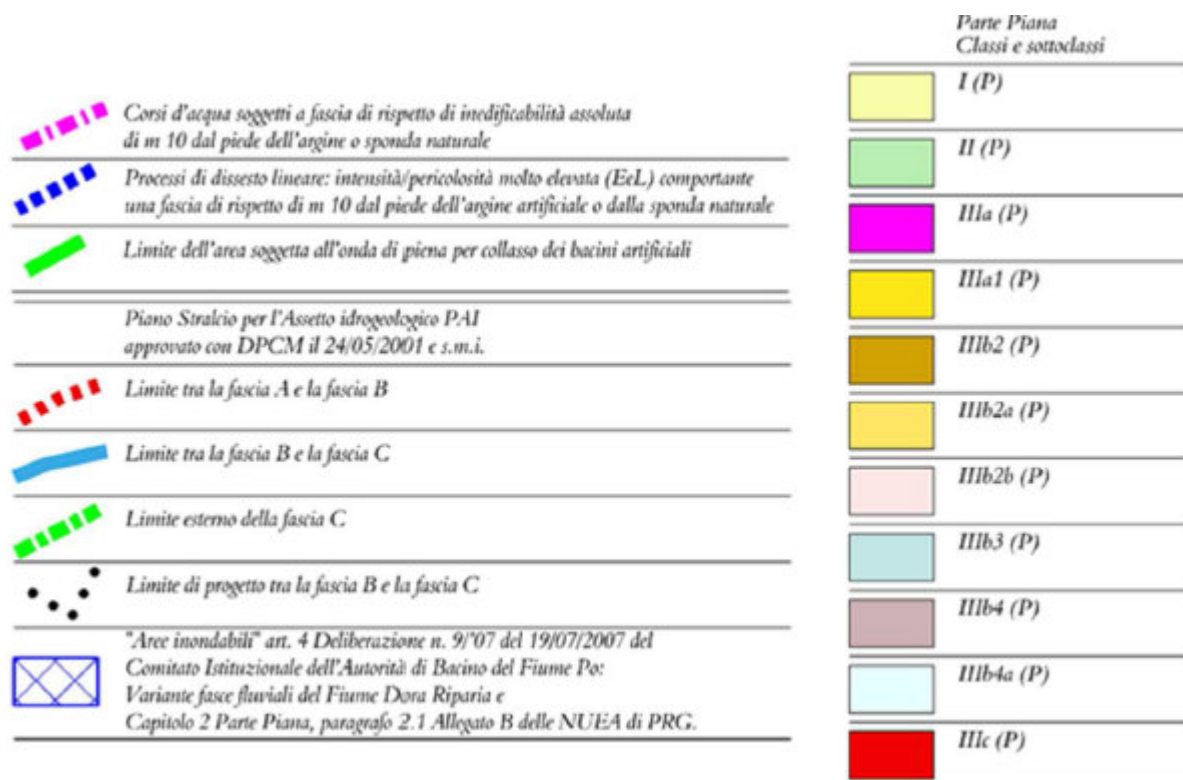


Figura 6-3 – Legenda della Carta di sintesi

In sostanza, merita segnalare che la classificazione proposta dalla Carta di sintesi colloca le aree attraversate dalla linea nella sottoclasse IIIb2b così descritta

Sottoclasse IIIb2b(P)

- 42 Si tratta di aree collocate all'esterno e all'interno del perimetro del centro abitato, ai sensi dell'art. 81 della LUR, comprese nei territori di fascia C, a modesta pericolosità, edificabili, con limitazioni nella tipologia costruttiva, adottando accorgimenti tecnici finalizzati alla salvaguardia dei manufatti e della popolazione insediata.

Le Norme di Attuazione del PRGC hanno lo scopo di regolare l'edificazione nell'ambito del quadro generale della pianificazione che, in Piemonte, è stabilito dalla Carta di sintesi redatta secondo le indicazioni contenute nella Circolare 7/LAP del 1996. La finalità della Carta di sintesi è, in generale, l'individuazione delle aree esposte al pericolo di inondazione o di frana e, di conseguenza, regolare l'attività edilizia con lo scopo di limitare i danni alle persone, alle infrastrutture ed alle attività economiche.

Il punto successivo precisa che

- 43 Sono ammessi tutti gli interventi previsti dal P.R.G. per le singole zone e aree normative, nel rispetto delle seguenti condizioni:

e seguono, nei commi da 43 a 47, le prescrizioni per la realizzazione di nuovi edifici o le indicazioni per intervenire sull'esistente con lo scopo di ridurre il rischio ⁽²⁰⁾.

In tale sottoclasse viene specificato che non sono ammessi i piani interrati, mentre non sono disciplinate le infrastrutture interamente sotterranee, quali le ferrovie metropolitane.

Al fine di estendere le norme alla realizzazione di infrastrutture lineari in sotterraneo, si propone di integrare la norma con le precisazioni seguenti

48bis Sono ammesse le opere di interesse pubblico riguardanti le infrastrutture lineari o a rete e le relative opere accessorie riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, purché supportate dalle specifiche indagini di cui al D.M. 11 marzo 1988 lett. H ⁽²¹⁾ e al D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" punto 6.12 ⁽²²⁾. L'attuazione è subordinata alla redazione, nella fase di progettazione definitiva, dello studio di compatibilità idraulica.

48ter Le opere e gli interventi connessi alla realizzazione e all'esercizio della tratta Rebaudengo-Politecnico della Linea 2 della metropolitana, le relative stazioni e gli impianti tecnici rientrano tra le opere di interesse pubblico riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili.

Merita sottolineare che la principale preoccupazione delle Norme di Attuazione è l'esistenza, nelle aree esposte al pericolo di inondazione (in definitiva le aree collocate in Classe III perché comprese entro la Fascia C), di porzioni di edificio con presenza continuativa o assimilabile a continuativa di persone al di sotto della cosiddetta "quota di riferimento" specificamente introdotta nella normativa ⁽²³⁾.

La Variante ora proposta introduce le infrastrutture pubbliche sotterranee che, per la loro natura,

- 1) possono svilupparsi a quote inferiori al livello della falda superficiale;
- 2) sono in generale corredate da strutture (gli accessi alle stazioni, i pozzi ed ogni altra struttura connessa con il corpo principale dell'opera quali le connessioni dell'impianto

²⁰⁾ Secondo la corretta accezione del termine "rischio" si intende il risultato della combinazione di pericolosità, vulnerabilità e importo del danno economico.

²¹⁾ La lettera H riguarda la "Fattibilità geotecnica di opere su grandi aree"

²²⁾ Il punto riguarda la "fattibilità di opere su grandi aree" e cita, al punto c), le ferrovie. In particolare "le indagini e gli studi devono caratterizzare la zona di interesse in termini di vulnerabilità ambientale [...] e devono consentire di individuare gli eventuali limiti imposti al progetto di insiemi di manufatti e interventi"

²³⁾ La quota di riferimento ha mero significato urbanistico e fu introdotta con l'adozione della Variante 100. La quota è derivata dalla modellazione idraulica e riguarda le aree comprese entro la Fascia C in quanto facenti parte della regione fluviale.

geotermico) il cui accesso dalla superficie del terreno, se ubicato entro la Fascia C, può trovarsi al di sotto della "quota di riferimento".

Lo studio di compatibilità idraulica, previsto nel punto 48bis, deve quindi comprendere la verifica che:

- a) Il corpo principale dell'infrastruttura sotterranea non sia esposto all'intrusione delle acque di falda;
- b) Le strutture correlate e, in particolare, gli accessi all'esterno delle stesse ubicati in area inondabile non siano esposte all'intrusione delle acque di inondazione.

Il progetto definitivo deve pertanto presentare soluzioni strutturali in grado di soddisfare i vincoli sopra proposti con particolare attenzione alle condizioni di accessibilità in condizioni di emergenza. Dal punto di vista operativo, le strutture ricadenti nella porzione di territorio compresa entro la Fascia C sono sottoposte alle procedure di protezione civile.

Più in generale, negli ambiti regolati dalle norme geologiche generali sull'assetto idrogeologico e di adeguamento al PAI (Volume I NUEA – Allegato B) risulta opportuno richiamare la condizione che il progetto della Linea 2 prenda in considerazione quanto disposto dalle "Linee guida di progettazione di spazi aperti per la resilienza climatica" riportate nell'allegato 2 del Piano di Resilienza Climatica approvato dalla Città

7 RIFERIMENTI

ANDERSON M.P., WOESSNER W.W. & HUNT R.J. (2015): *Applied Groundwater Modeling*, Elsevier

ANSELMO V. (1985): *Massime portate osservate o indirettamente valutate nei corsi d'acqua subalpini*, Atti e Rassegna Tecnica Società Ingegneri e Architetti in Torino, 10-12, 245-275

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2003): *Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po – Analisi idraulica*

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2006): *Progetto di Variante del Piano di Assetto idrogeologico (PA) – Fiume Dora Riparia*

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2016): *Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni – Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale*

BARLA M., DI DONNA A., PERINO A. (2016): Application of energy tunnels to an urban environment. *Geothermics*, 61, 2016, 104-113.

BARLA M. & DI DONNA A. (2018): *Energy Tunnels: concept and design aspects*, *Underground Space*, 3, 268-276

CITTÀ DI TORINO (2004): *Piano Regolatore Generale di Torino – Norme Urbanistiche Edilizia di Attuazione*.

CROSIO F., FERRAROTTI B. (1996): *Trino – Gli anni del diluvio*, Comune di Trino, Trino.

FERROVIE DELLO STATO (1997): *Progetto Esecutivo Cantierabile – Nodo di Torino – Quadruplicamento Porta Susa-Stura*, Idrologia e idraulica – Relazione (inedito)

MAFFIOLI M. (1978): *Il paesaggio fluviale nell'ambito urbano*, Cronache Economiche, C.C.I.A.A. di Torino, 9-10, 5-138

PROVINCIA DI TORINO (1959): *Domanda di classifica in 3a categoria delle opere di sistemazione idraulica della Dora Riparia fra gli abitati di Susa e Torino – Relazione*

PULSELLI U. (1964): *Elaborazione dei dati idrologici dei bacini dell'Alto Po, dall'Orco alla Maira*, L'energia Elettrica, 3.

SACCARDO I. e TOMASINO M. (1995): *L'idrogramma di piena del Fiume Po a Palazzolo Vercellese del 4-6 novembre 1994*, Enel-Cris Rel. 1175-UIGI (presentato in occasione della Giornata di Studio sull'evento alluvionale del 5-6 novembre 1994, Associazione idrotecnica italiana, Torino.

SASSI PERINO A. & FARAGGIANA G. (1995): *I Trentasei Ponti di Torino*, Edizioni del Capricorno, Torino

TROPEANO D. (1994), L'evento alluvionale del 5-6 novembre 1994 in Piemonte, Nimbus, 6-7, 33-44

8 APPENDICE

Si riportano le due tabelle contenute nel progetto definitivo relative alla intersezione tra le paratie delle stazioni e i pozzi con la BAS.

(Elaborato MTL2T1A0DGEOPENR001_0_0)

Tabella 4 Intersezione tra le paratie delle stazioni e i tappi di fondo dei pozzi intertratta con la Base dell'Acquifero Superficiale (BAS) da cartografia regionale a scala 1:50.000

Opera		Progressive di riferimento		Intersezione con la BAS da cartografia regionale
Codice	Descrizione	Inizio	Fine	
DRB	Deposito Officina Rebaudengo	15+236.86	15+589.47	SI
SRB	Stazione Rebaudengo	14+853.85	14+957.25	NO
PT2	Pozzo terminale estremità est della galleria artificiale	14+533.80	14+561.22	NO
PGC	Pozzo di intertratta Giulio Cesare		14+431.34	NO
SGC	Stazione Giulio Cesare	14+062.29	14+151.04	NO
PSG	Pozzo di intertratta San Giovanni Bosco		13+902.27	NO
SSC	Stazione San Giovanni Bosco	13+605.13	13+693.32	NO
PCO	Pozzo di intertratta Corelli		13+397.59	NO
SCO	Stazione Corelli	13+032.99	13+122.58	NO
PCI	Pozzo di intertratta Cimarosa/Tabacchi		12+672.97	NO
SCI	Stazione Cimarosa/Tabacchi	12+268.56	12+398.84	SI
PBO	Pozzo di intertratta Bologna		12+074.00	NO
SBO	Stazione Bologna	11+838.94	11+956.53	SI
PNO	Pozzo di intertratta Novara - pozzo partenza TBM	11+602.34	11+630.34	SI
SNO	Stazione Novara	11+217.66	11+281.96	SI
PVR	Pozzo di intertratta Verona		10+879.70	SI
SVR	Stazione Verona	10+487.44	10+561.04	SI
PMO	Pozzo di intertratta Mole/Giardini Reali		10+034.19	SI
EMO	Pozzo di Emergenza Mole		9+926.33	SI
SMO	Stazione Mole/Giardini Reali	9+496.52	9+560.82	SI
PCA	Pozzo di intertratta Carlo Alberto		9+144.80	NO
SCA	Stazione Carlo Alberto	8+899.97	8+973.57	NO

CITTA' DI TORINO
Metropolitana automatica di Torino – Linea 2 – Tratta Politecnico Rebaudengo
RELAZIONE SULLE TEMATICHE IDROGEOLOGICHE

Opera		Progressive di riferimento		Intersezione con la BAS da cartografia regionale
Codice	Descrizione	Inizio	Fine	
PPN	Pozzo di intertratta Porta Nuova		8+526.72	NO
SPN	Stazione Porta Nuova - Interconnessione con Linea 1	7+941.62	8+030.22	NO
PPA	Pozzo di intertratta Pastrengo		7+415.42	NO
SPA	Stazione Pastrengo	7+035.04	7+099.44	NO
PPO	Pozzo di intertratta Politecnico		6+805.94	NO
SPO	Stazione Politecnico	6+131.45	6+205.05	NO
PCB	Pozzo di intertratta Caboto		5+993.04	NO
PT1	Pozzo terminale del 1° Lotto funzionale nel retrostazione Politecnico	5+907.75	5+925.75	NO

CITTA' DI TORINO
Metropolitana automatica di Torino – Linea 2 – Tratta Politecnico Rebaudengo
RELAZIONE SULLE TEMATICHE IDROGEOLOGICHE

Tabella 5 Potenziale tra le paratie delle stazioni e i tappi di fondo dei pozzi intertratta con la base della successione quaternaria interpretata nelle sezioni geologiche:

Opera		Progressive di riferimento		Potenziale intersezione con la base della successione quaternaria	Unità del substrato potenzialmente intercettata
Codice	Descrizione	Inizio	Fine		
DRB	Deposito Officina Rebaudengo	15+236.86	15+589.47	SI	FAA
SRB	Stazione Rebaudengo	14+853.85	14+957.25	NO	
PT2	Pozzo terminale estremità est della galleria artificiale	14+533.80	14+561.22	NO	
PGC	Pozzo di intertratta Giulio Cesare		14+431.34	NO	
SGC	Stazione Giulio Cesare	14+062.29	14+151.04	NO	
PSG	Pozzo di intertratta San Giovanni Bosco		13+902.27	NO	
SSC	Stazione San Giovanni Bosco	13+605.13	13+693.32	NO	
PCO	Pozzo di intertratta Corelli		13+397.59	NO	
SCO	Stazione Corelli	13+032.99	13+122.58	NO	
PCI	Pozzo di intertratta Cimarosa/Tabacchi		12+672.97	NO	
SCI	Stazione Cimarosa/Tabacchi	12+268.56	12+398.84	SI	SAF
PBO	Pozzo di intertratta Bologna		12+074.00	NO	
SBO	Stazione Bologna	11+838.94	11+956.53	SI	FAA/SAF
PNO	Pozzo di intertratta Novara - pozzo partenza TBM	11+602.34	11+630.34	SI	FAA
SNO	Stazione Novara	11+217.66	11+281.96	NO	
PVR	Pozzo di intertratta Verona		10+879.70	NO	
SVR	Stazione Verona	10+487.44	10+561.04	SI	SAF

CITTA' DI TORINO
Metropolitana automatica di Torino – Linea 2 – Tratta Politecnico Rebaudengo
RELAZIONE SULLE TEMATICHE IDROGEOLOGICHE

Opera		Progressive di riferimento		Potenziale intersezione con la base della successione quaternaria	Unità del substrato potenzialmente intercettata
Codice	Descrizione	Inizio	Fine		
PMO	Pozzo di intertratta Mole/Giardini Reali		10+034.19	SI	SAF
EMO	Pozzo di Emergenza Mole		9+926.33	SI	SAF
SMO	Stazione Mole/Giardini Reali	9+496.52	9+560.82	SI	SAF
PCA	Pozzo di intertratta Carlo Alberto		9+144.80	SI	FAA
SCA	Stazione Carlo Alberto	8+899.97	8+973.57	SI	FAA
PPN	Pozzo di intertratta Porta Nuova		8+526.72	SI	FAA
SPN	Stazione Porta Nuova - interconnessione con Linea 1	7+941.62	8+030.22	SI	FAA/SFR
PPA	Pozzo di intertratta Pastrengo		7+415.42	SI	SFR
SPA	Stazione Pastrengo	7+035.04	7+099.44	SI	SFR
PPO	Pozzo di intertratta Politecnico		6+805.94	NO	
SPO	Stazione Politecnico	6+131.45	6+205.05	SI	SFR
PCB	Pozzo di intertratta Caboto		5+993.04	NO	
PT1	Pozzo terminale del 1° Lotto funzionale nel retrostazione Politecnico	5+907.75	5+925.75	SI	SFR