

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA

PROGETTO PRELIMINARE L.O. N.443/01

**NUOVA LINEA TORINO LIONE
TRATTA NAZIONALE**

DOCUMENTO DI RISPOSTA ALLE RICHIESTE DEL MATTM
COMMISSIONE SPECIALE VIA (prot. CTVA-2011-0002183 del 09/06/2011)

Relazione tecnica di risposta al quesito n.15

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

D040 00 R 69 RH SA150X 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	S.Rodani	Dic. 2011	S.Polimeni	Dic. 2011	M.DellaVedova	Dic. 2011	F.Marchese Dic. 2011

ITALFERR S.p.A.
Dott. Geologo Francesco MARCHESE
Reg. ALBO GEOLOGIA
Ordine Geologi Lazio n. 179 ES

File: D040 00 R 69 RH SA150X 001A.doc

n. Elab.: 1



Questo progetto è cofinanziato dalla Comunità Europea

INDICE


1	PREMESSA.....	4
2	QUESITO 15	5
3	APPROFONDIMENTO DEL QUADRO IDROGEOLOGICO	8
3.1	SETTORE DELLA PIANA ALLUVIONALE DELLA DORA RIPARIA	8
3.1.1	<i>Dati di riferimento</i>	8
3.1.2	<i>Analisi geologica e idrogeologica</i>	10
3.2	SETTORE FINALE DEL TRACCIATO	14
3.2.1	<i>Dati di riferimento</i>	14
3.2.2	<i>Analisi geologica e idrogeologica</i>	17
3.3	ASPETTI DI CARATTERE GENERALE.....	21
3.3.1	<i>Collegamento tra le falde acquifere</i>	21
3.3.2	<i>Inquinamento delle falde idriche per sversamento di liquidi pericolosi</i>	24
4	MODELLAZIONE NUMERICA DELLE INTERFERENZE.....	25
4.1	ASPETTI GENERALI	25
4.2	I SETTORI CRITICI ANALIZZATI	27
4.3	LA PIANA ALLUVIONALE DELLA DORA RIPARIA (ZONA S.AMBROGIO-AVIGLIANA).....	27
4.3.1	<i>Costruzione del modello</i>	27
4.3.2	<i>Condizioni al contorno</i>	30
4.3.3	<i>Scenari simulati</i>	31
4.3.4	<i>Analisi critica dei risultati</i>	33
4.4	LA PARTE FINALE DEL TRACCIATO (ZONA DI SETTIMO TORINESE).....	36
4.4.1	<i>Costruzione del modello</i>	37
4.4.2	<i>Condizioni al contorno</i>	41
4.4.3	<i>Scenari simulati</i>	42
4.4.4	<i>Analisi critica dei risultati</i>	43

5	VALUTAZIONE DELLA PROBABILITA' DI IMPATTO SUI PUNTI D'ACQUA.....	46
5.1	CRITERI DI ANALISI DEL TRACCIATO	46
5.2	I PUNTI D'ACQUA	50
5.3	VALUTAZIONE DELL'INTERFERENZA.....	52
5.4	PUNTI D'ACQUA IMPATTATI	53
5.5	ANALISI CRITICA DEI RISULTATI.....	54
5.6	CRITERI DI INTERVENTO PER LA MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI.....	57

1 PREMESSA

Il presente documento è stato emesso in risposta alle osservazioni formulate dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Commissione Speciale VIA (prot. CTVA-2011-0002181 del 09/06/2011) concernenti diversi aspetti di natura geologico ambientale.

In particolare, il documento tratta il quesito n. 15.

	NUOVA LINEA TORINO LIONE TRATTA NAZIONALE DOCUMENTO DI RISPOSTA ALLE RICHIESTE DEL MATTM					
RELAZIONE TECNICA DI RISPOSTA AL QUESITO 15	COMMESSA D040	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RH	DOCUMENTO SA 150 0X 001	REV. A	FOGLIO 5 di 58

2 QUESITO 15

Dal documento di Richiesta Integrazioni del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, si riporta per la **Componente Suolo e Sottosuolo**, la richiesta contenuta nel punto 15.

Con riferimento all'analisi presentata riguardo agli aspetti idrogeologici e relativi impatti sull'ambiente, si nota come, nello studio, ai rischi attesi, in fase realizzativa della possibilità di mettere in comunicazione la falda freatica dell'acquifero superficiale con le falde profonde e, in esercizio, della possibilità di sversamento di liquidi pericolosi con il conseguente impatto sulla qualità delle acque, (rischi analizzati e corredati dalle indicazioni operative per la loro mitigazione), si aggiungano altre criticità rilevanti quali le possibili interferenze della realizzazione delle opere in sotterraneo con pozzi e/o sorgenti, specie nel settore iniziale e nel tratto finale in galleria artificiale, i possibili effetti d'interferenza sulla circolazione idrica dell'acquifero superficiale per l'effetto di sbarramento del flusso idrico (effetto diga), la possibilità di intercettazione (stimata sul centinaio di metri) del basamento roccioso metamorfico, durante lo scavo della galleria naturale S. Antonio. Alla luce di queste considerazioni, vista l'importanza degli effetti diretti e indiretti su-gli acquiferi superficiali e profondi e degli impatti temuti sulla risorsa idrica, si ritiene necessario fornire:

- *Un maggior approfondimento degli aspetti litostratigrafico e/o strutturali, geotecnici e idrogeologici, eventualmente anche attraverso l'esecuzione di altre indagini, dirette e/o indirette, in quei settori dove mancano misure e dati certi, che consentano una ricostruzione attendibile delle caratteristiche dei terreni attraversati, dell'eventuale possibilità d'intercettazione del basamento roccioso al disotto dei depositi alluvionali della Piana di S. Ambrogio Torinese, delle problematiche attese durante le operazioni di scavo e la corretta individuazione degli interventi di mitigazione dei rischi e degli impatti attesi sulla risorsa idrica, sia sotterranea sia superficiale, in particolare:*
 - *nel settore della piana alluvionale del fiume Dora Riparia, tra il centro abitato di S. Ambrogio di Torino e quello di Avigliana, attraversato dalla tratta iniziale della nuova linea in progetto in galleria artificiale (Galleria S. Ambrogio) e in galleria naturale*

(Galleria naturale di linea S. Antonio – Cameroni Buttigliera) con basse coperture (pk 0+00 – 6+ 300 circa);

- *nella zona della tratta finale del tracciato, tra le pk 43+030 e pk 43+640, in galleria artificiale scavata nei depositi fluvio – glaciali della pianura torinese (Galleria artificiale Settimo).*
- *Una modellazione di dettaglio, relativamente al potenziale “effetto diga” per i settori del tracciato più critici, con una valutazione degli innalzamenti a monte e abbassamento a valle stimati in corso d’opera, specificando gli interventi di mitigazione che si prevede adottare per garantire la continuità del flusso e il riequilibrio della falda (sistema di drenaggio, pozzi ecc.), con una valutazione, sempre su modello, dell’efficacia degli interventi di mitigazione. Indicare inoltre i necessari agganci ad un PMA protratto nel tempo per verificare l’efficacia del sistema di mitigazione eventualmente messo in opera.*
- *Una documentazione integrativa dell’attuale documentazione idrogeologica con i risultati di una valutazione della probabilità di potenziale impatto che l’esecuzione delle opere potrebbero avere sulla risorsa idrica, sia sotterranea sia superficiale, specie per i pozzi e/o sorgenti utilizzati a scopo idropotabile e la loro rappresentazione cartografica con opportuna simbologia in funzione del grado di probabilità d’impatto, riguardo ai problemi legati alle interferenze dello scavo della galleria con le risorse idriche sia sotterranee sia superficiali, che possono subire isterilimento o diminuzione di portate per effetto dello scavo della galleria Dovrà altresì essere presentata l’esposizione delle misure e dei possibili criteri d’interventi di mitigazione degli impatti sulla risorsa idrica, distinti in:*
 - *soluzioni d’emergenza,*
 - *soluzioni transitorie*
 - *soluzioni definitive.*

I punti salienti relativi al quesito, si possono riassumere secondo i temi sotto riportati:

1. un maggior approfondimento degli aspetti idrogeologici (oltre che litostratigrafico, strutturali e geotecnici, come da quesito 12) che consentano una ricostruzione attendibile delle caratteristiche dei terreni attraversati e della eventuale possibilità di intercettazione del basamento roccioso al di sotto dei depositi alluvionali della piana di S. Ambrogio Torinese e delle problematiche attese durante le operazioni di scavo e la corretta

individuazione degli interventi di mitigazione dei rischi e degli impatti attesi sulla risorsa idrica, sia sotterranea sia superficiale, in particolare:

- nel settore della piana alluvionale del fiume Dora Riparia, tra il centro abitato di S. Ambrogio e quello di Avigliana, attraversato dalla tratta iniziale della linea in progetto in galleria artificiale (galleria S. Ambrogio) e in galleria naturale (galleria naturale S. Antonio-Cameroni Buttigliera) con basse coperture (pk 0+000 ÷ pk 6+300 circa);
 - nella zona della tratta finale del tracciato, tra le pk 43+030 ÷ 43+640, in galleria artificiale scavata nei depositi fluvioglaciali della pianura torinese (galleria artificiale Settimo);
2. una modellazione di dettaglio relativamente al potenziale effetto diga per i settori del tracciato più critici e gli eventuali interventi di mitigazione per il riequilibrio del livello di falda;
 3. una valutazione integrativa della probabilità di potenziale impatto che le opere potrebbero avere sulla risorsa idrica sia sotterranea sia superficiale con riferimento a pozzi e sorgenti utilizzati a scopo idropotabile e dei possibili criteri di mitigazione degli impatti sulla risorsa idrica distinti in soluzioni d'emergenza, transitorie e definitive.

Questi tre temi saranno approfonditi rispettivamente nei capitoli 3, 4 e 5.

3 APPROFONDIMENTO DEL QUADRO IDROGEOLOGICO

3.1 Settore della piana alluvionale della Dora Riparia

3.1.1 *Dati di riferimento*

L'analisi delle condizioni geologiche ed idrogeologiche relative al settore della pianura alluvionale della Dora Riparia, identificabile tra le progressive 0+000 e 6+300 ca. è stata realizzata tramite l'analisi dei numerosi sondaggi geognostici e trivellazioni di pozzi per acqua esistenti e realizzati in tempi diversi per la progettazione di altre infrastrutture presenti nell'area (V e VI tronco della A32 Torino-Bardonecchia, viabilità di Avigliana, varianti PEC, altro). La loro ubicazione planimetrica è riportata sull'elaborato Carta Geologica Geomorfologica del Progetto Preliminare alla scala 1:10.000 suddivisi per tipologia (nella figura 3.1.1 un estratto). La figura 3.1.2 riporta la stessa area nella visualizzazione del database ARPA (portale Web-GIS) dove questi sondaggi sono consultabili e scaricabili. I dati delle indagini dirette sono state integrate con numerose osservazioni dirette svolte sull'area e sintetizzate nelle schede degli "stop geologici" consultabili nell'elaborato del Progetto Preliminare D040 00 R 69 RG GE0005 001 A - Rapporto attività campagna. In sintesi, per la tratta estesa fino alla progressiva 6+300, si possono elencare:

- n. 23 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a profondità massima di 40m ed ubicati ad una distanza dall'asse variabile tra pochi metri a circa 500m;
- n. 10 perforazioni di pozzi (attualmente non utilizzati a scopo idropotabile) a profondità variabili da 20m a 200m;
- n. 6 stop geologici.



Figura 3.1.1: estratto dalla Carta Geologica Geomorfologica cod. D040 00 R 69 G4 GE0001 001 A

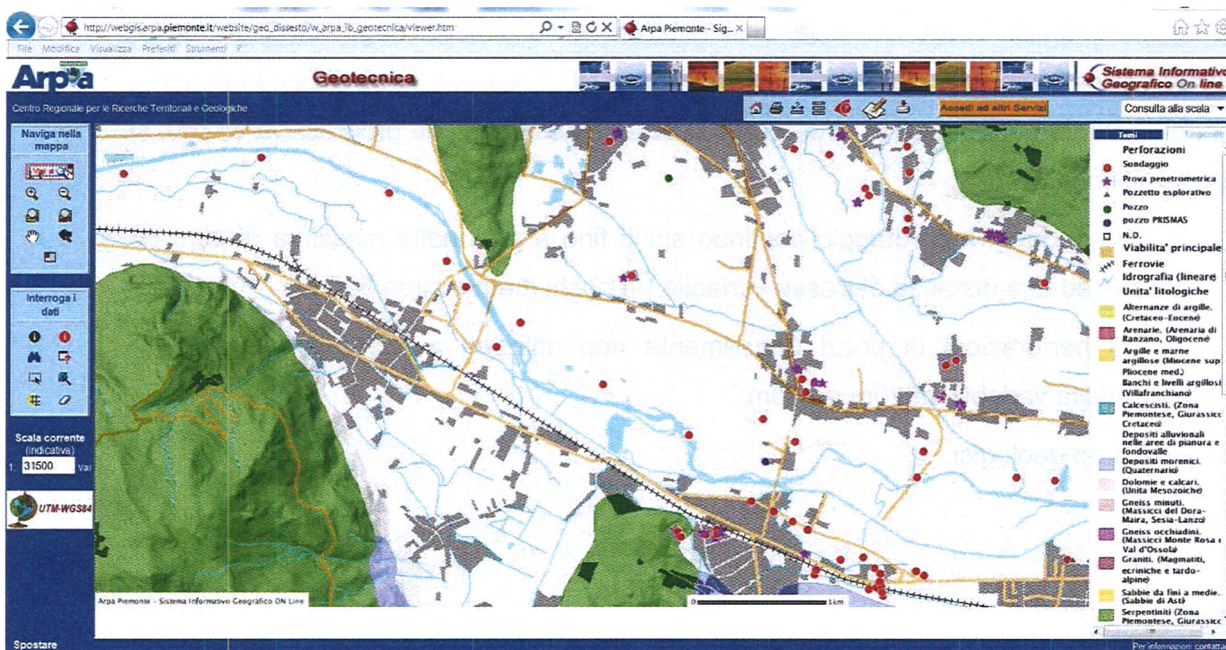


Figura 3.1.2: visualizzazione del portale dell'ARPA Piemonte relativo al database dei dati geologici-geotecnici (http://webgis.arpa.piemonte.it/website/geo_dissesto/w_arpa_ib_geotecnica/viewer.htm)

In relazione all'area in oggetto, morfologicamente ubicata in centro alla valle e caratterizzata dalla presenza di terreni di natura alluvionale (s.l.), dall'analisi delle perforazioni esistenti, si possono distinguere due contributi determinanti:

- il dato geologico-stratigrafico, maggiormente evidente nei sondaggi realizzati per la A32;
- la profondità del basamento roccioso, indagata dalle trivellazioni realizzate per i pozzi, di minor dettaglio stratigrafico, ma sicuramente più importanti per la loro profondità di indagine.

3.1.2 *Analisi geologica e idrogeologica*

L'analisi dei dati esistenti evidenzia (cfr. Relazione Geologica, Geomorfologica e Idrogeologica del Progetto Preliminare D040 00 R 69 RG GE0001 001 A) che, per i primi 6km, i terreni attraversati dall'opera sono costituiti da depositi fluviali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi nei primi 40m di spessore (codice **Fi** nel profilo) e siltoso-sabbiosi (codice **Fc**) ad una quota inferiore, nei quali circola una falda acquifera con superficie piezometrica localizzata a pochi metri dal p.c. In questo settore, l'opera si approfondisce fino ad un massimo di poco più di 20m da p.c.

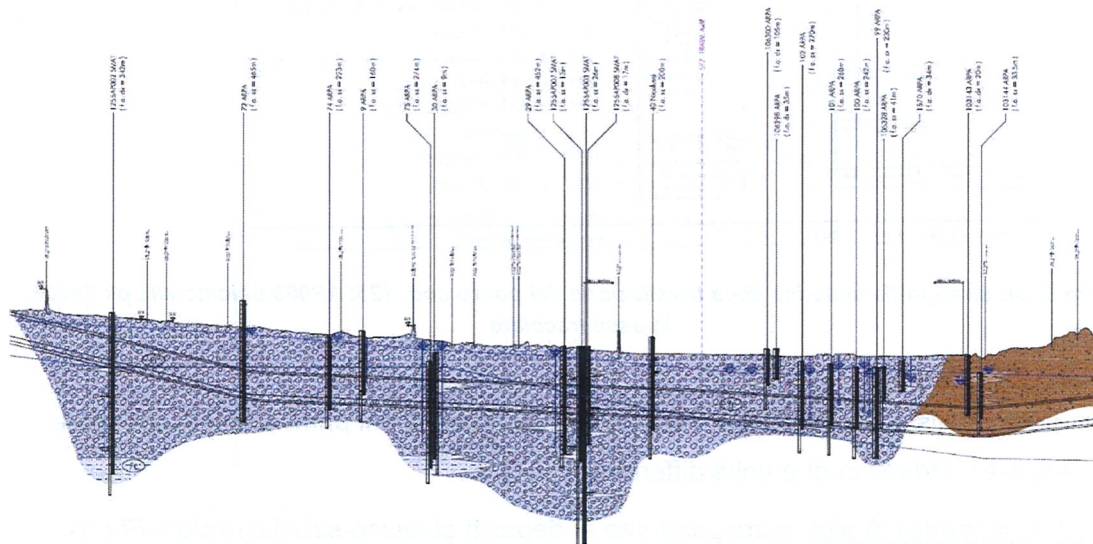


Figura 3.1.3: profilo geologico dalla pk 0+000 alla pk 6+600, estratto dall'elaborato Profilo GeologicoTecnico. scala 1:10.000/500. cod. D040 00 R 69 F4 GE0001 001 A

In questa tratta il basamento roccioso, affiorante sui versanti della valle, è presente lungo la linea ferroviaria in progetto ad una profondità superiore ai 200m, non essendo stato intercettato dalla trivellazione del pozzo cod. 1255AP003, ubicato circa in asse tracciato alla pk. 3+800. La stratigrafia sintetica dei terreni attraversati è riportata nella figura sottostante.

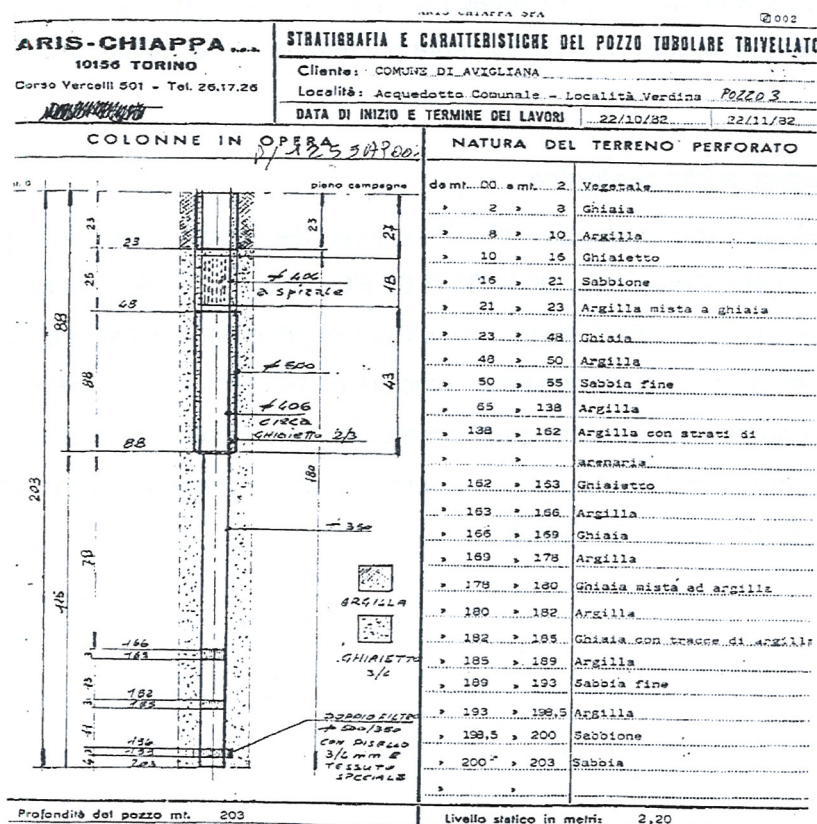


Figura 3.1.4: stratigrafia sintetica della trivellazione del pozzo cod. 1255AP003 ubicato alla pk 3+800, in asse tracciato

Da un punto di vista idrogeologico, i terreni fluviali presenti nei primi 40-50 di spessore possono essere suddivisi in due unità differenti:

Unità 1 a permeabilità alta: corrispondente ai depositi ghiaioso-sabbiosi sciolti **Fi** delle aste fluviali e torrentizie maggiori. E' presente da piano campagna fino ad una profondità

di circa 40 e localmente anche a profondità maggiori. Il coefficiente di permeabilità è stimato $> 1E-05$ m/s.

Unità 3 a permeabilità bassa: individuata nei depositi fluviali prevalentemente siltosi **Fc** costituenti i principali fondovalle delle aste fluviali tributarie. Questa unità è individuata dall'interpretazione delle indagini più profonde e, sulla base di tali dati, viene evidenziata in forma di grosse lenti (spessore > 5 m) a partire dalla profondità di circa 40m da p.c. Lenti più sottili sono evidenziate a quote superiori, ma il loro ruolo idrogeologico (come base dell'acquifero freatico) non è valido a livello generale. Il coefficiente di permeabilità è valutato $< 1E-06$ m/s.

I terreni fluviali sono sede di una falda freatica, con soggiacenza ubicata a pochi metri di profondità dal piano campagna, in continuità idraulica con l'alveo della Dora Riparia, con rapporti di drenaggio o alimentazione a seconda del livello idrico. I dati piezometrici reperiti ed utilizzati per la ricostruzione del pannello piezometrico (Carta Idrogeologica del Progetto Preliminare cod. D040 00 R 69 G4 GE0002 001 A) non permettono di valutare in maniera univoca questi rapporti, tuttavia, come si evidenzia dal contesto idrogeologico, la direzione media di deflusso della falda segue l'asse della valle.

L'alimentazione della falda è prevalentemente laterale, dalle porzioni di depositi poste a monte dell'area dell'opera (da ovest verso est) e secondariamente dai versanti, in misura maggiore se, agli sbocchi delle aste torrentizia laterali, vi è sviluppo di conoidi. La potenza dell'acquifero è stimabile in circa 40m, considerando che l'unità 3, a bassa permeabilità, si sviluppi a questa profondità con una certa continuità (cfr. figura 3.1.5).

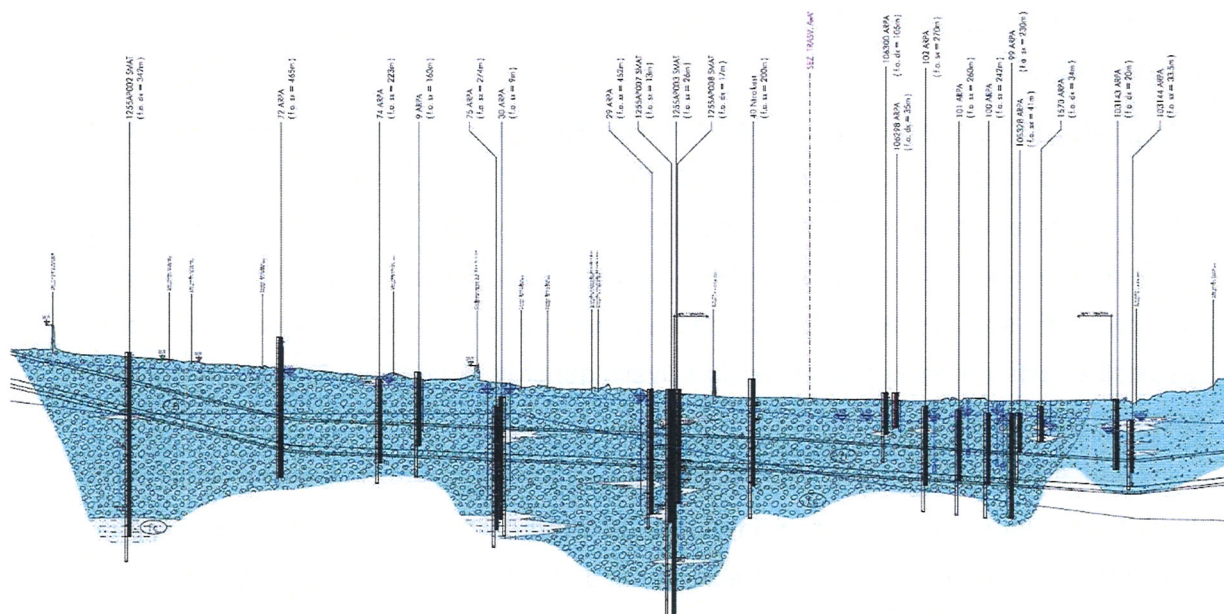


Figura 3.1.5: profilo idrogeologico dalla pk 0+000 alla pk 6+600, estratto dall'elaborato Profilo Idrogeologico, scala 1:10.000/500, cod. D040 00 R 69 F4 GE0002 001 A

Per quanto riguarda l'inserimento dell'opera nel contesto geologico-idrogeologico, la galleria (dapprima in artificiale poi in naturale) si sviluppa lungo il tracciato interessando in profondità la prima decina di metri di terreno e approfondendosi fino a circa 20 metri dal p.c. a fine tratta. Si prevede che lo scavo della galleria artificiale verrà realizzato tra paratie mentre la galleria naturale sarà realizzata tramite TBM a "fronte chiuso in pressione".

In tale contesto costruttivo, la tecnologia di scavo garantisce la totale impermeabilità dell'intera galleria, evitando fenomeni di drenaggio localizzato. Ne consegue che il maggiore potenziale di interferenza dell'opera sull'ambiente idrogeologico (la falda freatica) è determinato dall'effetto barriera causato dalle paratie della galleria artificiale determinando, potenzialmente, innalzamenti del livello piezometrico a monte ed abbassamenti a valle, rispetto alla direzione del flusso idrico.

Come già indicato nella Relazione Geologica del Progetto Preliminare (par. 9.2.1), tale interferenza dipende dall'entità delle portate intercettate a loro volta funzione della direzione del flusso idrico sotterraneo. Nel caso in esame, il tracciato della galleria

artificiale è parallelo all'alveo della Dora ed alla direzione principale del flusso idrico, che si muove da ovest verso est, concordemente al moto del corso d'acqua, per cui le potenziali portate intercettate risultano di media o bassa entità, così come il conseguente impatto atteso.

Tale valutazione, come richiesto dalle prescrizioni, sarà maggiormente indagata e dettagliata nel capitolo 4 e segg. della presente relazione tecnica.

3.2 Settore finale del tracciato

3.2.1 Dati di riferimento

L'analisi delle condizioni geologiche ed idrogeologiche relative al settore identificabile tra le progressive 43+030 e 43+640 ca. è stata realizzata tramite l'analisi dei numerosi sondaggi geognostici e prove penetrometriche, realizzati in tempi diversi, per la progettazione di infrastrutture presenti nell'area (linea ferroviaria AC Torino-Bussoleno) e per progetti di edilizia residenziale ed industriale. La loro ubicazione planimetrica è riportata sull'elaborato Carta Geologica Geomorfologica del Progetto Preliminare alla scala 1:10.000, suddivisi per tipologia (nella figura 3.2.1 un estratto). La figura 3.2.2 riporta la stessa area nella visualizzazione del database ARPA (portale Web-GIS), dove questi sondaggi sono consultabili e scaricabili. In sintesi, per la tratta a partire dalla progressiva 41+000 e fino alla termine del tratto in sotterraneo, ubicato a progressiva 43+630 (fine galleria artificiale Settimo), si possono elencare:

- n. 44 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a profondità massima di 40m ed ubicati ad una distanza dall'asse variabile tra pochi metri a circa 700m;
- n. 12 penetrometrie a profondità variabile da 5m a 10m.

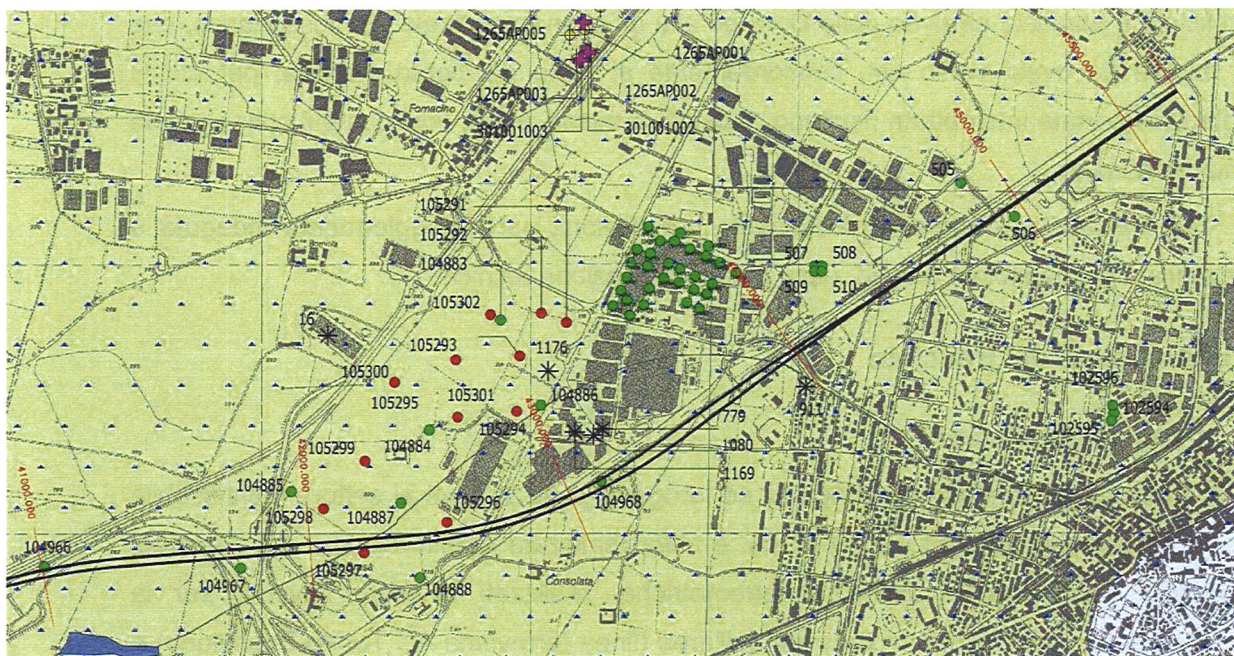


Figura 3.2.1: estratto dalla Carta Geologica Geomorfologica cod. D040 00 R 69 G4 GE0001 003 A

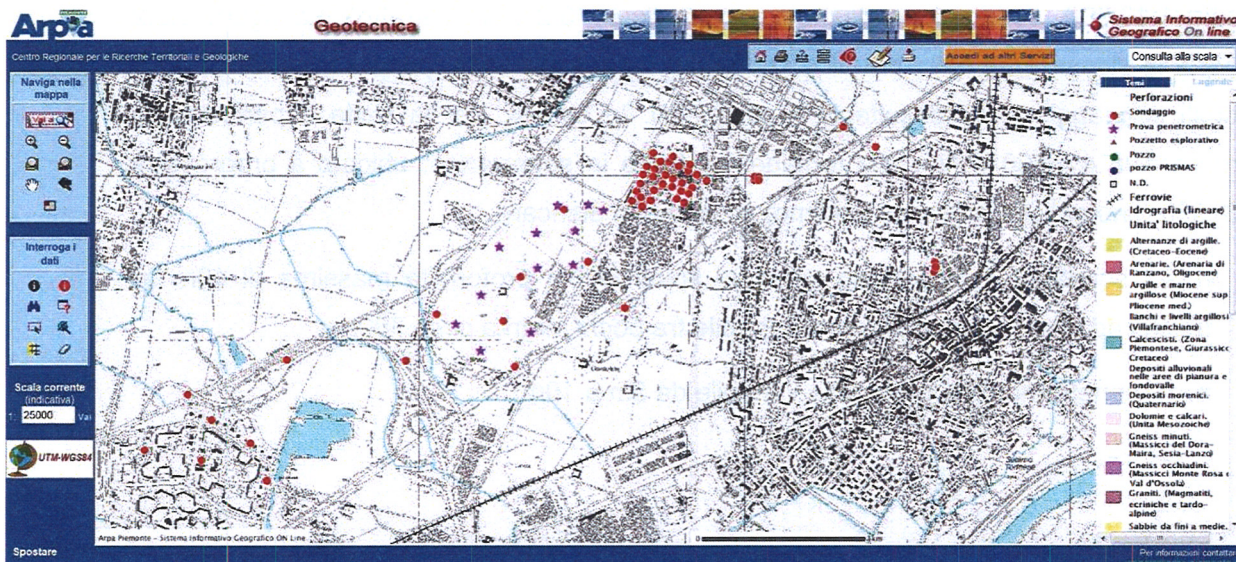


Figura 3.2.2: visualizzazione del portale dell'ARPA Piemonte relativo al database dei dati geologici-geotecnici (http://webgis.arpa.piemonte.it/website/geo_dissesto/w_arpa_ib_geotecnica/viewer.htm)

In relazione alla tratta terminale dell'opera, impostata su terreni di natura fluvioglaciale pertinenti al bacino della Stura di Lanzo (subsintema di Leini), l'analisi dei dati reperiti evidenzia come di particolare significatività sia il dato dei sondaggi eseguiti, per conto Italferr nel 2002, per la progettazione della Linea Ferroviaria Alta Capacità Torino-Bussoleno. Tali verticali (codice 104966, 104967 e 104968) hanno una profondità variabile da 30m a 40m e permettono di identificare il passaggio stratigrafico tra i terreni fluvioglaciali del quaternario ed i sottostanti depositi sabbiosi di facies Astiana, di età Pliocenica. La figura sottostante, riporta un estratto del un sondaggio cod. 104968 (in asse tracciato) con evidenziato (linea tratteggiata rossa) il limite stratigrafico tra le due unità.

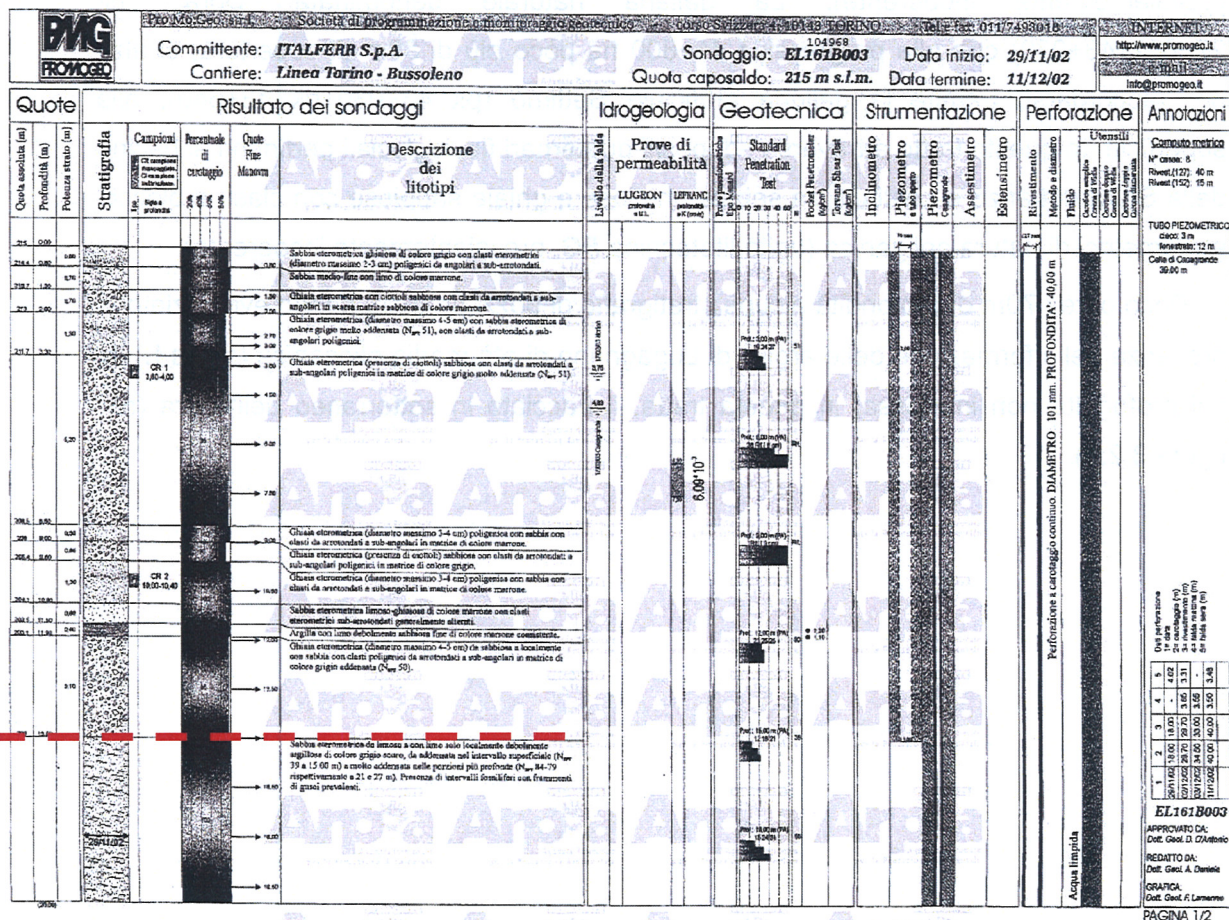


Figura 3.2.3: estratto della stratigrafia del sondaggio cod. 104968 riportato nell'elaborato D040 00 R 69 DZ GE0001 003 A - Allegato 1 stratigrafie pozzi e sondaggi.

Tali sondaggi eseguiti in anni abbastanza recenti (2002), oltre al dato geologico stratigrafico hanno una buona attendibilità relativamente al dato geotecnico (prove SPT) e idrogeologico (prove Lefranc) e possono, a tutti gli effetti, essere considerati come sostitutivi e/o integrativi di indagini realizzate ad-hoc per questa fase progettuale.

3.2.2 *Analisi geologica e idrogeologica*

L'analisi dei dati esistenti evidenzia (cfr. Relazione Geologica, Geomorfologia e Idrogeologica, elaborati cartografici relativi) che la parte terminale (in sotterraneo) dell'opera, compresa tra le progressive 42+000 e 44+000, è scavata nei terreni pliocenici costituiti dalle sabbie marine appartenenti alla facies Astiana (unità litotecnica **Ai** prevalentemente incoerente). La galleria naturale denominata "Dora" (pk 27+682+43+030) che alla progressiva 41+800 ha poco più di 30m di copertura, si alza per raccordarsi, tramite la galleria artificiale Settimo (pk 43+030+pk 43+640), alla superficie. In questo tratto attraversa i depositi quaternari fluvioglaciali pertinenti al bacino della Stura di Lanzo e costituiti da sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con clasti e blocchi eterometrici di natura poligenica (unità litotecnica **FG**, prevalentemente incoerente).

Poco oltre i 70m di profondità alcune stratigrafie di pozzi profondi hanno evidenziato la presenza della formazione delle argille di Lugagnano di età medio-pliocenica (signa **L**), la cui profondità non interessa, in questa tratta, il tracciato in sotterraneo dell'opera (cfr. figura 3.2.4).

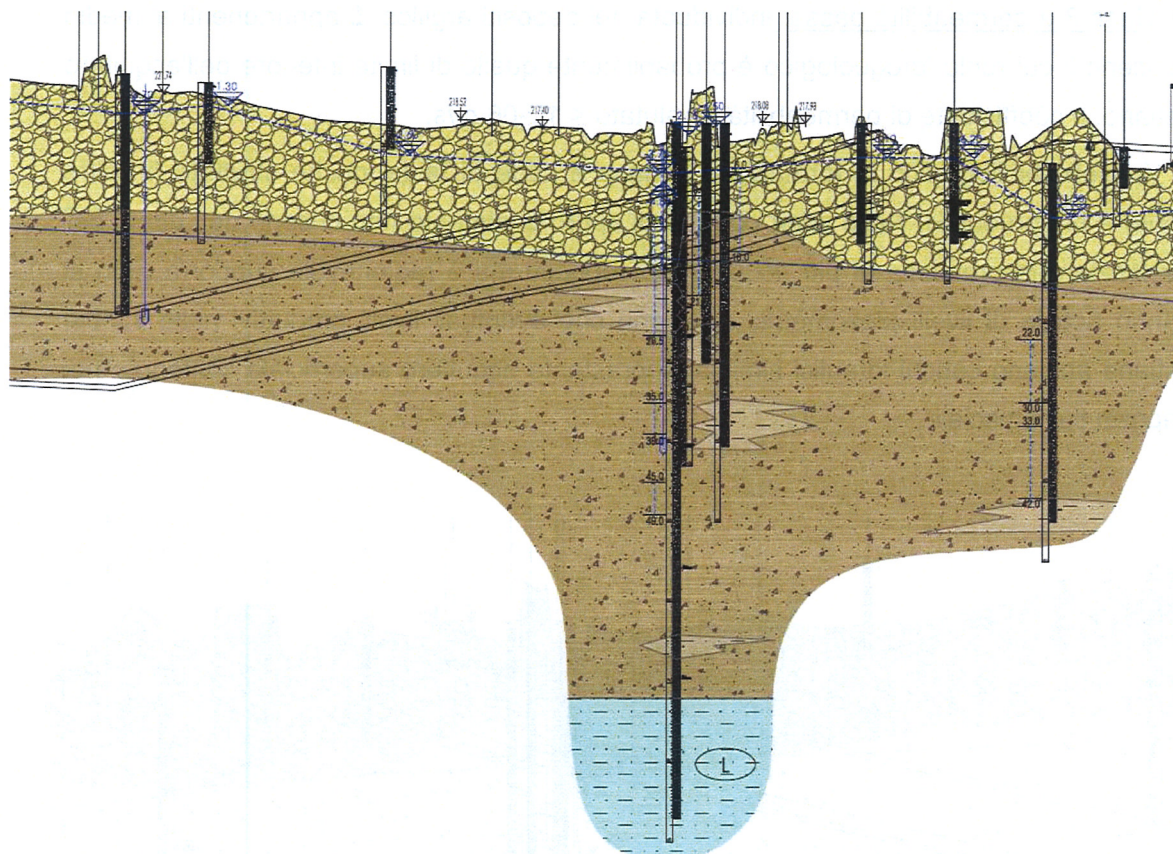


Figura 3.2.4: profilo geologico dalla pk 41+800 alla pk 44+000, estratto dall'elaborato Profilo GeologicoTecnico, scala 1:10.000/500, cod. D040 00 R 69 F4 GE0001 004 A

Da un punto di vista idrogeologico, i soprastanti terreni quaternari e l'unità pliocenica sottostante sono sede di un acquifero freatico con superficie piezometrica localizzata a pochi metri dal piano campagna. Le unità litotecniche descritte precedentemente possono essere suddivise in corrispondenti unità idrogeologiche, così distinte:

Unità 1 a permeabilità alta: corrispondente ai depositi ghiaioso-sabbiosi sciolti **FG** dei terreni fluvioglaciali. E' presente da piano campagna fino ad una profondità di circa 15m-18m. Il coefficiente di permeabilità è stimato $> 1E-05$ m/s;

Unità 2 a permeabilità media: costituita delle sabbie fossilifere dell'Astiano **Ai** prevalentemente incoerenti. Il coefficiente di permeabilità è stimato variabile tra $1E-05$ m/s e $1E-06$ m/s;

Unità 3 a permeabilità bassa: individuata nei depositi argillosi **L** appartenenti al medio Pliocene il cui ruolo idrogeologico è probabilmente quello di limite inferiore dell'acquifero astiano. Il coefficiente di permeabilità è valutato $< 1E-06$ m/s.

A livello bibliografico la formazione astiana è sede di falde idriche sfruttate (in altre zone) a fini produttivi. Nella zona oggetto di approfondimento non ci sono dati diretti per evidenziare la presenza di più acquiferi sovrapposti ma è ragionevole supporre (non si hanno notizie di livelli piezometrici artesiani) che eventuali livelli produttivi nelle sabbie astiane abbiano carichi idraulici simili al soprastante acquifero superficiale contenuto nei depositi fluvioglaciali.

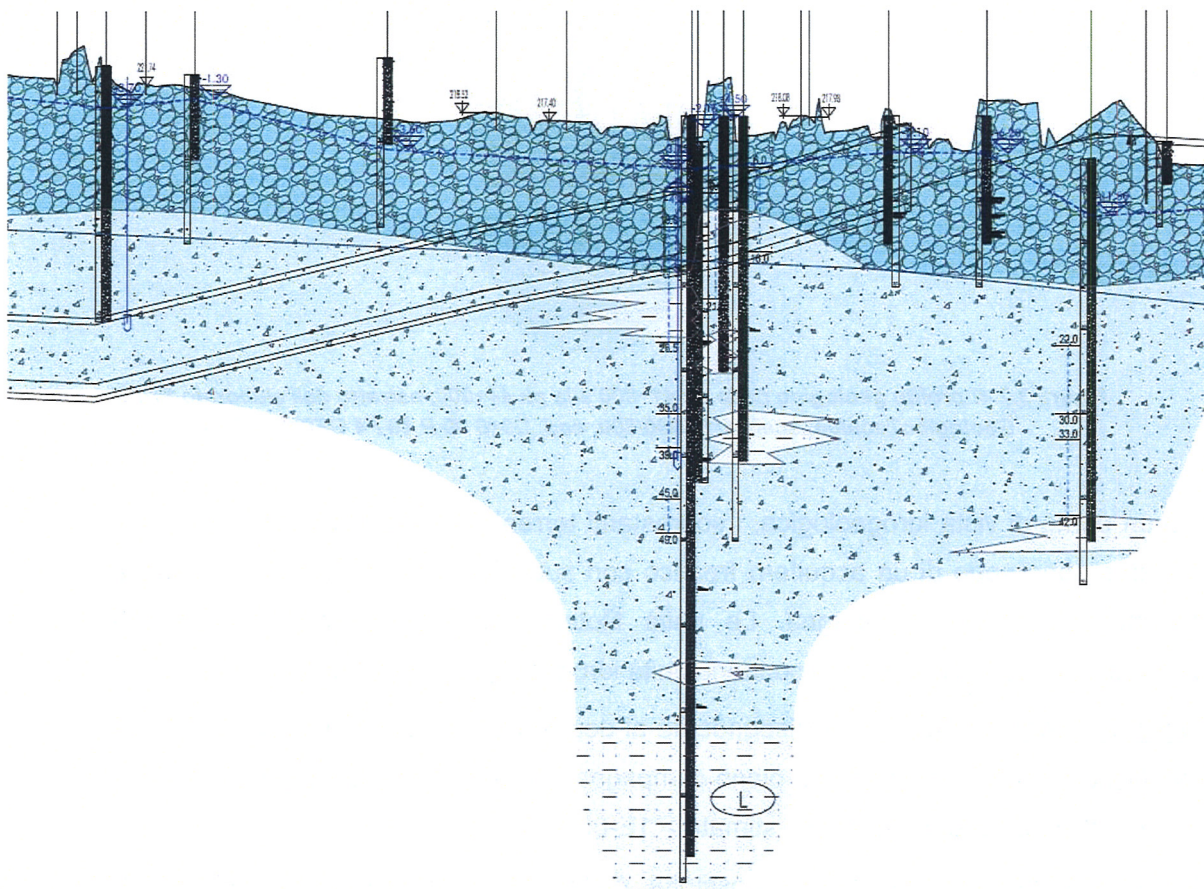


Figura 3.2.5: profilo idrogeologico dalla pk 41+800 alla pk 44+000, estratto dall'elaborato Profilo Idrogeologico, scala 1:10.000, cod. D040 00 R 69 F4 GE0002 004 A

Si può quindi ipotizzare, ai fini della valutazione dell'interferenza dell'opera sulla falda, che i depositi quaternari e quelli dell'astiano costituiscano un unico complesso acquifero caratterizzato da una potenza di circa 70m, un grado di permeabilità differente (a seconda delle unità) e limitato inferiormente dai depositi argillosi del Medio Pliocene (unità 3).

I dati piezometrici reperiti ed utilizzati per la ricostruzione del pannello piezometrico (Carta Idrogeologica cod. D040 00 R 69 G4 GE0002 003 A) permettono di definire una direzione media di deflusso della falda circa ortogonale alla direzione dell'opera.

Per quanto riguarda l'inserimento dell'opera nel contesto geologico-idrogeologico, la galleria (dapprima con una galleria naturale poi artificiale) si eleva da circa 30m di profondità fino al piano campagna, dove sbuca tramite una galleria artificiale di 610m di sviluppo lineare. Lo scavo della galleria artificiale verrà realizzato tra paratie mentre la galleria naturale sarà realizzata tramite TBM a "fronte chiuso in pressione".

In tale contesto costruttivo, la tecnologia di scavo con TBM garantisce la totale impermeabilità della galleria, evitando fenomeni di drenaggio localizzato. Ne consegue che il maggiore potenziale di interferenza dell'opera sull'ambiente idrogeologico (la falda freatica) è determinato dall'effetto barriera causato dalle paratie della galleria artificiale nei confronti della circolazione idrica sotterranea, con innalzamenti del livello piezometrico a monte ed abbassamenti a valle, rispetto alla direzione del flusso idrico.

Come già indicato nella Relazione Geologica (par. 9.2.10), si prevede dunque un impatto costituito dalla parziale ostruzione della galleria artificiale sul naturale deflusso della falda.

Tale valutazione, come richiesto dalle prescrizioni, sarà maggiormente indagata e dettagliata nel capitolo 4 e segg. della presente relazione tecnica.

3.3 Aspetti di carattere generale

3.3.1 Collegamento tra le falde acquifere

Il rischio che l'opera, nel suo sviluppo complessivo, possa potenzialmente creare le condizioni di collegamento tra diversi livelli acquiferi è da valutare alla luce di due fattori di carattere generale:

- la tipologia dell'opera in sotterraneo (galleria artificiale e/o naturale);
- il quadro idrogeologico (presenza di un acquifero superficiale o profondo).

Come riportato nella Relazione Tecnica Opere in Sotterraneo del Progetto Preliminare, cod. D040 00 R 07 RG GN0000 001 A, le gallerie di linea e le gallerie di interconnessione (Avigliana) saranno realizzate con scavo meccanizzato mediante l'impiego di TBM-S, cioè di macchine scudate con testa rotante che permettono l'esecuzione del foro sull'intera sagoma prevista e la contemporanea messa in opera del rivestimento definitivo con processo ciclico di tipo industriale. In particolare, dato il contesto geologico-idrogeologico nel quale si sviluppano le gallerie naturali, tipologia di TBM-S più idonea è quella costituita dalla categoria di macchine a "fronte chiuso in pressione", che applicando una contropressione attiva al fronte di scavo, permette di contrastare la spinta del terreno e l'eventuale presenza di un carico idraulico dovuto alla presenza di una falda. Le TBM di questa categoria sono di due tipi, le Hydroshield e le EPB (Earth Pressure Balance).

La scelta tra i due tipi di macchine sarà finalizzata nelle successive fasi progettuali, tuttavia, ai fini dell'interferenza dello scavo con l'ambiente idrogeologico, è utile evidenziare che entrambe le tecnologie permettono l'attraversamento di terreni sotto battenti idrici senza innescare o creare le condizioni di collegamento lungo l'asse di scavo. Tale condizione è garantita dal fatto che lo spazio tra il profilo di scavo e l'estradosso dell'anello di rivestimento viene immediatamente riempito con miscele cementizie (non inquinanti) per fissare definitivamente l'anello al terreno e ripristinare le condizioni di equilibrio precedenti allo scavo. La figura seguente riporta lo schema di una TBM-EPB



Figura 3.3.1: schema di una TBM-EPB

Il risultato è che la galleria realizzata anche sottofalda risulta una struttura che non interferisce, se non per l'altezza del suo diametro, con eventuali acquiferi o livelli acquiferi (negli acquiferi multifalda).



Figura 3.3.2: galleria rivestita con conchi prefabbricati

Per quanto riguarda il ruolo che le gallerie artificiali possano costituire un collegamento tra diversi livelli acquiferi, tale possibilità non si realizza in quanto le gallerie artificiali che interferiscono con un livello acquifero (GA S. Ambrogio, pk 0+000-1+100 e GA Settimo,

pk 43+030-43+640) interessano esclusivamente la falda freatica superficiale e la loro interferenza è stata valutata nei capitoli seguenti.

Le restanti gallerie artificiali (GA Rivoli-Rivalta, pk 15+600-18+500 e GA Orbassano est, pk 25+277-27+682) si sviluppano ad una quota superiore a quella della falda freatica, come evidenziato dal Profilo Idrogeologico di progetto, i cui stralci sono riportati nelle figure seguenti.

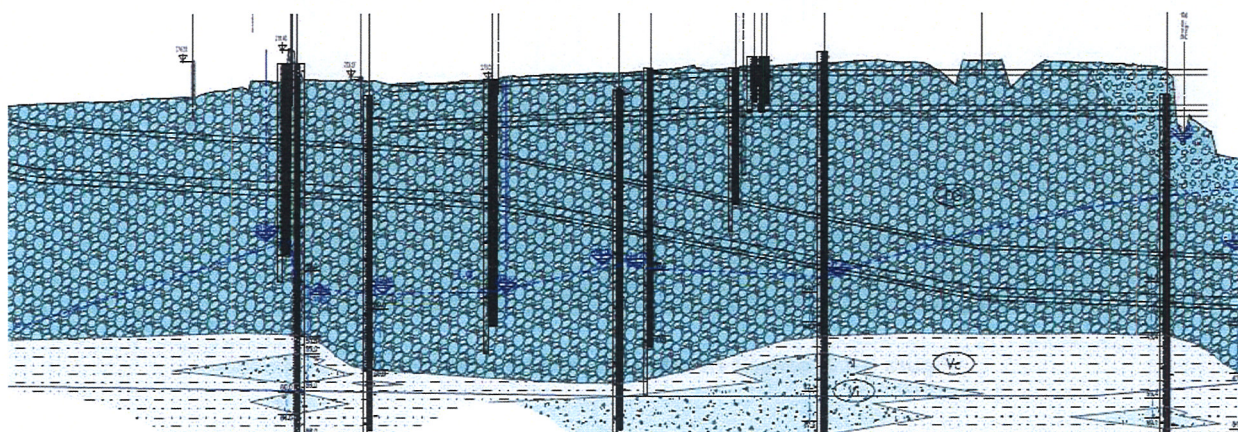
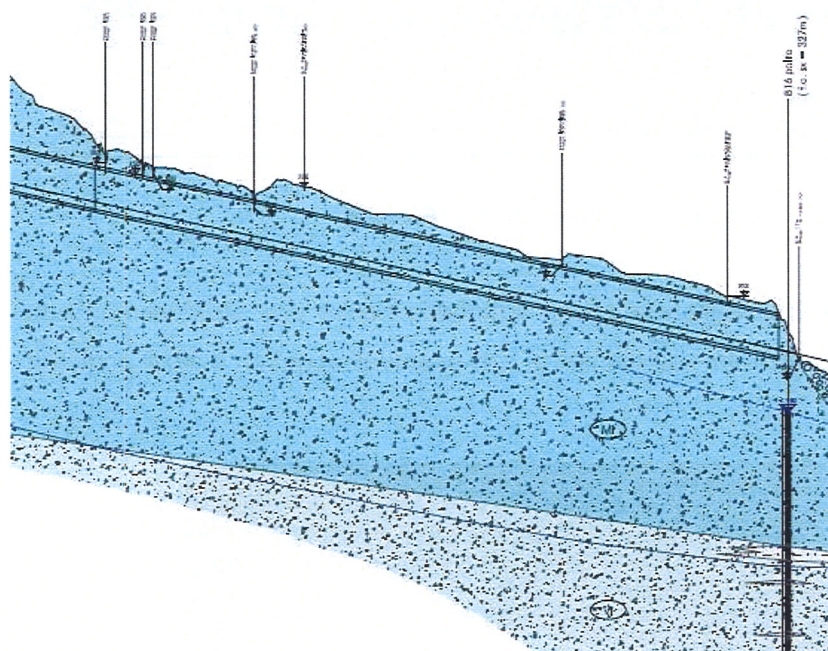


Figura 3.3.3: estratto dal Profilo Idrogeologico relativo alle GA Rivoli-Rivalta e Orbassano Est

3.3.2 *Inquinamento delle falde idriche per sversamento di liquidi pericolosi*

La richiesta di approfondimento riportata nel punto 15 fa riferimento alla possibilità che avvengano (in fase di esercizio) sversamenti di liquidi pericolosi con conseguente impatto sulla qualità delle acque. Nella fase progettuale attuale il progetto dell'opera prevede lo scavo e la successiva messa in esercizio di una galleria ferroviaria che si sviluppa, per la sua maggior parte, in una galleria a tenuta idraulica. Inoltre, il progetto prevede la presenza di vasche impermeabilizzate di raccolta e convogliamento dei liquidi sversati in galleria.

In questo contesto, i possibili sversamenti che ipoteticamente possono realizzarsi nelle gallerie (a causa di incidenti) non possono disperdersi nei depositi terrigeni che contengono la galleria, a meno di un evento catastrofico (di origine, al momento, di ardua definizione) che coinvolga in modo esiziale la struttura del rivestimento della galleria.

Tali particolari eventi catalogabili come "*top event*" possono essere presi in considerazione ed eventualmente analizzati considerando la probabilità di accadimento e la presenza di recettori particolarmente sensibili. Tale analisi di rischio potrà essere sviluppata nelle fasi progettuali che seguiranno. A scopo orientativo si evidenzia che considerando come recettore sensibile la presenza di pozzi idropotabili, il tracciato dell'opera si sviluppa a valle (rispetto alla direzione di flusso idrico sotterraneo) della maggior parte di essi, come evidenziato dalla figura 5.1.2 nel capitolo 5 "Valutazione della probabilità di impatto sui punti d'acqua", per cui questi ultimi risultano in qualsiasi caso esclusi da qualsiasi probabilità di impatto per sversamento accidentale di liquidi inquinanti.

Con riferimento al potenziale rischio di sversamento di sostanze inquinanti provenienti dalla superficie, è stata eseguita in un apposito documento (Relazione tecnica di risposta al quesito 18) una attenta valutazione della vulnerabilità potenziale della falda superficiale all'infiltrazione di sostanze inquinanti, comprensiva delle contromisure necessarie per evitare i potenziali impatti, estesi non solo alle zone maggiormente vulnerabili quali le aree di cantiere ma anche alle opere presenti lungo il tracciato ed in particolare alle gallerie.

	NUOVA LINEA TORINO LIONE TRATTA NAZIONALE DOCUMENTO DI RISPOSTA ALLE RICHIESTE DEL MATTM					
RELAZIONE TECNICA DI RISPOSTA AL QUESITO 15	COMMESSA D040	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RH	DOCUMENTO SA 150 0X 001	REV. A	FOGLIO 25 di 58

4 MODELLAZIONE NUMERICA DELLE INTERFERENZE

4.1 Aspetti generali

Una struttura che si sviluppa in sotterraneo ed interferisce con la superficie della falda può causare il cosiddetto "effetto diga (o barriera)" che si manifesta come un innalzamento del livello di falda a monte (rispetto alla direzione di flusso) ed un simmetrico abbassamento a valle. L'effetto massimo si localizza nel centro della struttura, dove la velocità di flusso idrogeologico subisce il maggior rallentamento a causa dell'ostruzione della struttura. L'entità della potenziale interferenza è funzione dei seguenti fattori:

- permeabilità del terreno (eventualmente modificato dalla struttura o fondazione); **maggiore** è la **permeabilità** del terreno **minore** sarà l'estensione e l'**entità dell'interferenza** in quanto il terreno permette, a parità di condizioni, la filtrazione di una maggiore portata;
- larghezza e lunghezza della struttura interferente;
- angolo di incidenza tra la direzione media del deflusso idrogeologico e la direzione di maggior estensione dell'opera; la **maggior interferenza** si realizza con un **angolo** di incidenza **ortogonale**;
- altezza della sezione idraulica residua; analizzando il problema in sezione, **minore** è l'**altezza della sezione libera** al di sotto dell'opera **maggiore** è l'**interferenza**. Condizioni di totale occlusione della sezione libera o di riduzione ad una altezza inferiore all'altezza dell'opera determinano effetti barriera di particolare entità.

La figura sottostante illustra le condizioni generali del fenomeno di sbarramento (caso di scavo in ambiente urbano).

Nel quadro delle opere in sotterraneo in progetto (progettate come strutture impermeabili), l'interferenza con la falda superficiale assume una rilevanza in relazione a due fattori concomitanti:

- l'opera (galleria artificiale e/o naturale) è ubicata a poca profondità dal piano campagna;
- la falda è prossima al piano campagna.

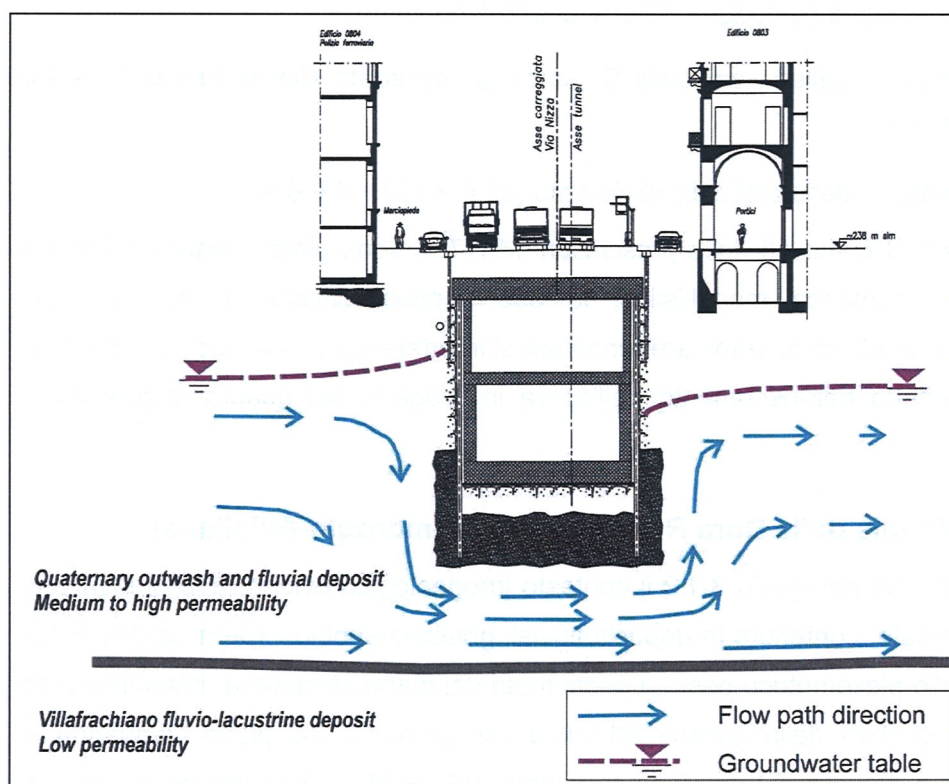



Figura 4.1.1: schematizzazione concettuale delle potenziali variazioni di flusso indotto (non in scala) dalla presenza di manufatti interferenti con la falda superficiale.

In questo caso un innalzamento della falda causato dall'interferenza dell'opera potrebbe causare problemi quali allagamenti di manufatti interrati (parcheggi, cantine etc...), alterazione del regime idraulico di fossi e trincee esistenti o zone di ristagno superficiale. Al contrario, l'eventuale innalzamento della falda in situazioni di galleria profonda, dove la soggiacenza della falda è di parecchie decine di metri, non determina alcun impatto sulle opere superficiali.

	NUOVA LINEA TORINO LIONE TRATTA NAZIONALE DOCUMENTO DI RISPOSTA ALLE RICHIESTE DEL MATTM					
RELAZIONE TECNICA DI RISPOSTA AL QUESITO 15	COMMESSA D040	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RH	DOCUMENTO SA 150 0X 001	REV. A	FOGLIO 27 di 58

4.2 I settori critici analizzati

Si identifica quindi come potenzialmente critica la situazione dove la galleria (prima artificiale, poi naturale) si immerge (o emerge) nel terreno dove è presente una superficie di falda prossima al piano campagna. Tale scenario è presente:

- nella tratta iniziale; galleria artificiale S. Ambrogio collegata alla galleria di linea (pk 0+000 ÷ pk 6+300);
- nella tratta finale; galleria artificiale di Settimo (pk 43+030 ÷ 43+640).

Come richiesto al punto 15 delle prescrizioni MATTM, sono state esaminate, tramite una simulazione numerica modellistica, le due porzioni critiche di tracciato che potenzialmente potrebbero determinare fenomeni di interferenza con la falda superficiale, per verificare l'effetto dell'inserimento dell'opera in progetto nel quadro idrogeologico locale.

4.3 La piana alluvionale della Dora Riparia (zona S.Ambrogio-Avigliana)

Come descritto nel paragrafo 3.1.2 il contesto idrogeologico evidenzia la presenza di una falda superficiale, contenuta in depositi fluviali ghiaioso-sabbiosi (permeabilità $> 1E-05$ m/s), con livello piezometrico posto a pochi metri dal piano campagna, interferita dalla presenza della struttura della galleria artificiale che partendo dal piano campagna si approfondisce fino a quota -20 da piano campagna (pk 1+100). Oltre tale progressiva si allaccia la galleria naturale S.Antonio-Cameroni Buttigliera che prosegue fino a progressiva 9+563. La base dell'acquifero è ipotizzato, ai fini del modello numerico, come coincidente con i depositi alluvionali siltoso-sabbiosi, posti a circa 40-45m di profondità e caratterizzati da una permeabilità più bassa $< 1E-06$ m/s. La direzione di flusso idrico sotterraneo è circa parallela allo sviluppo lineare dell'opera.

In tale contesto, l'estensione del modello comprenderà la galleria artificiale e parte della galleria naturale (per uno sviluppo totale di circa 2.5km) in modo da poter valutare con soddisfacente precisione le variazioni indotte sul regime della falda sia dalla galleria artificiale sia da quella naturale.

4.3.1 Costruzione del modello

L'estensione dell'area del modello è stata determinata secondo due esigenze:

- contenere le opere in progetto (galleria artificiale e il suo raccordo con la galleria naturale) interferenti con la falda superficiale;
- estensione sufficiente perché le condizioni imposte (al contorno) non influenzino i risultati.

La figura sottostante riporta l'estensione e la discretizzazione del dominio di calcolo in celle. L'estensione del modello è di circa 2km in senso N-S e 3km in senso E-O. Tale estensione è stata scelta per evitare che le condizioni al contorno potessero influenzare i risultati delle simulazioni.



Figura 4.3.1: area del modello numerico e discretizzazione del dominio di calcolo

Il modello numerico ha un piano campagna variabile da quota 360m a 349m s.l.m., interpolato a partire dai dati topografici. Lo spessore totale del modello è di circa 90m. L'acquifero contenuto nell'unità idrogeologica 1 (layer 1, 2, e 3), a maggior permeabilità, è stato ipotizzato limitato inferiormente dalla presenza, in tutto il dominio di calcolo, dall'unità 3 (layer 4), posta a quota 310m s.l.m. Questa ipotesi è cautelativa nei confronti

del risultato, in quanto riduce lo spessore dell'unità 1 al minimo (valore osservabile solo in alcune porzioni del profilo).

La discretizzazione verticale, in funzione delle condizioni da simulare (profondità delle paratie per la galleria artificiale e andamento della galleria naturale) e dello spessore dell'acquifero freatico è stata suddivisa in n.4 layer. Tale suddivisione oltre a permettere di simulare lo scenario di riferimento idrogeologico (n. 2 unità diverse) permette di attivare, nelle celle di pertinenza (in pianta e in profilo) le condizioni locali di barriera determinate dall'opera (galleria artificiale e naturale). Nel caso pratico, lo sviluppo verticale dell'opera è tutto compreso nell'unità idrogeologica 1, che suddivisa in ulteriori n.3 layer permetterà l'imposizione di queste condizioni locali. La tabella seguente riassume i dati salienti della discretizzazione verticale del modello.

Layers	Δ quota top (m s.l.m.)	Δ quota bottom (m s.l.m.)	Acquifero	Condizione / elemento da simulare
1	360-349	358.7-337.6	unità idrogeologica 1 (k_1)	paratie della galleria artificiale pk 0+000-1+100 (condizione "barrier")
2	358.7-337.6	347.7-326.6	unità idrogeologica 1 (k_1)	paratie della galleria artificiale pk 0+000-1+100 e galleria di linea tra pk 1+100-2+500
3	347.7-326.6	310	unità idrogeologica 1 (k_1)	
4	310	270	unità idrogeologica 3 (k_2)	

Tabella 4.3.1: discretizzazione verticale del dominio di calcolo, dati salienti

La figura seguente riporta la sezione O-E (profondità ingrandita 10x) del modello all'incirca in asse al tracciato.

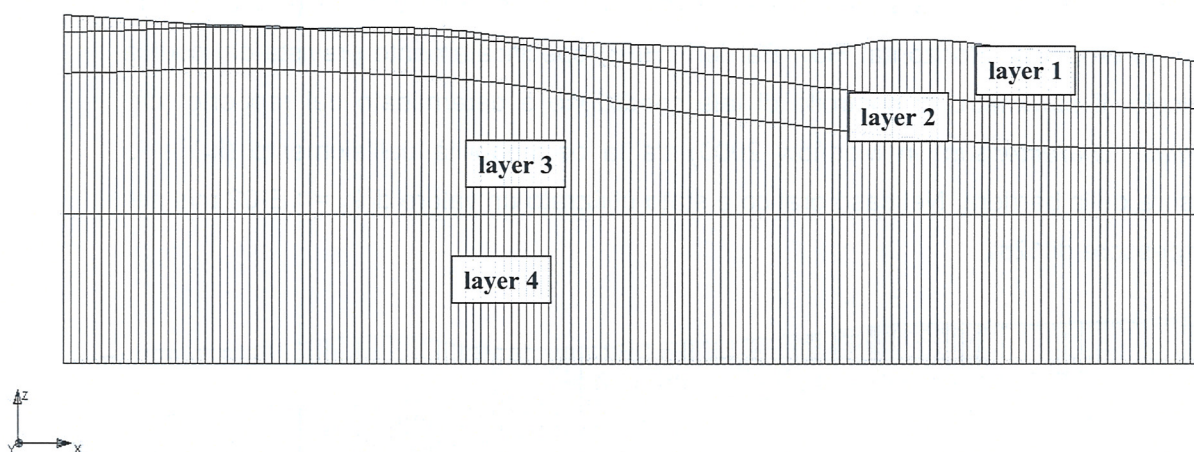


Figura 4.3.2: discretizzazione verticale del dominio di calcolo

4.3.2 Condizioni al contorno

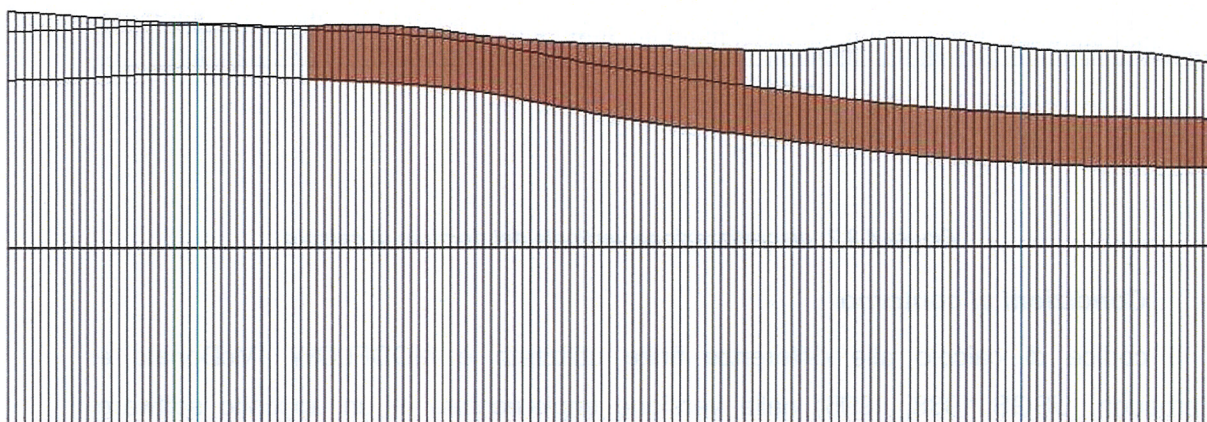
Il codice di calcolo alle differenze finite utilizzato è MODFLOW (McDonald e Harbaugh, USGS 1988, 1996) nella versione implementata in un apposito software dedicato alla modellizzazione dei sistemi acquiferi (GMS 3.1 Groudwater Modeling System, Boss International, 2001), in grado di sviluppare analisi geostatistiche utilizzando diversi metodi di interpolazione.

Al fine di riprodurre il campo di moto osservato, sono state imposte le seguenti condizioni al contorno:

- condizioni di carico imposto ("condizione di Dirichlet");
- condizioni di flusso variabile;
- condizioni di non flusso.

Le condizioni di carico idraulico imposto sono state applicate sul bordo ovest ed est del modello (scenario 1a e 1b) al fine di simulare le condizioni di alimentazione della falda superficiale (ricarica laterale prevalente) con riferimento alla geometria di flusso ipotizzata sostanzialmente parallela allo sviluppo della valle. Le condizioni di "non flusso" sono state applicate ai bordi del modello dove la direzione di flusso è perpendicolare agli stessi.

La simulazione dell'effetto barriera determinato dalla presenza della galleria artificiale e da quella naturale è stata eseguita applicando alle celle di pertinenza (in pianta e in profilo) la proprietà "Horizontal Flow Barrier" (HFB) specificatamente prevista dal codice di calcolo. Il parametro di controllo di tale condizione è determinato dal rapporto (cfr. "hydraulic characteristic" in Modflow 2000) tra la permeabilità dell'elemento (k_b) e lo spessore della barriera. Nel caso pratico è stato utilizzato un valore di $k_b = 1E-09$ m/s per uno spessore di 12m.



Condizione HFB applicata al dominio di calcolo

Figura 4.3.3: estensione della condizione di barriera idraulica (HFB) applicata al dominio di calcolo (sezione)

4.3.3 Scenari simulati

Come illustrato nel paragrafo 4.1, i parametri che determinano l'entità dell'effetto barriera sono legati sia alla geometria dell'opera (lunghezza e altezza della barriera) che al quadro di riferimento idrogeologico (permeabilità dei depositi e direzione di flusso).

Nel caso in esame i primi due fattori sono determinati dal progetto, per cui sono stati ipotizzati diversi scenari facendo variare i parametri di permeabilità dei depositi e la direzione di flusso. Gli scenari considerati sono elencati nella tabella seguente.

Scenario	Condizioni idrogeologiche	Permeabilità
1a	Direzione di flusso circa parallela all'opera (condizione più probabile)	$K_1 = 5E-04$ m/s $K_2 = 1E-07$ m/s
1b	Direzione di flusso circa parallela all'opera (condizione più probabile)	$K_1 = 1E-05$ m/s $K_2 = 1E-07$ m/s
2a	Direzione di flusso ortogonale all'opera	$K_1 = 5E-04$ m/s $K_2 = 1E-07$ m/s
2b	Direzione di flusso ortogonale all'opera	$K_1 = 1E-05$ m/s $K_2 = 1E-07$ m/s

Tabella 4.3.2: scenari simulati

La disposizione delle boundary conditions per gli scenari 1 e 2 è illustrata nelle figure seguenti.

SCENARIO 1

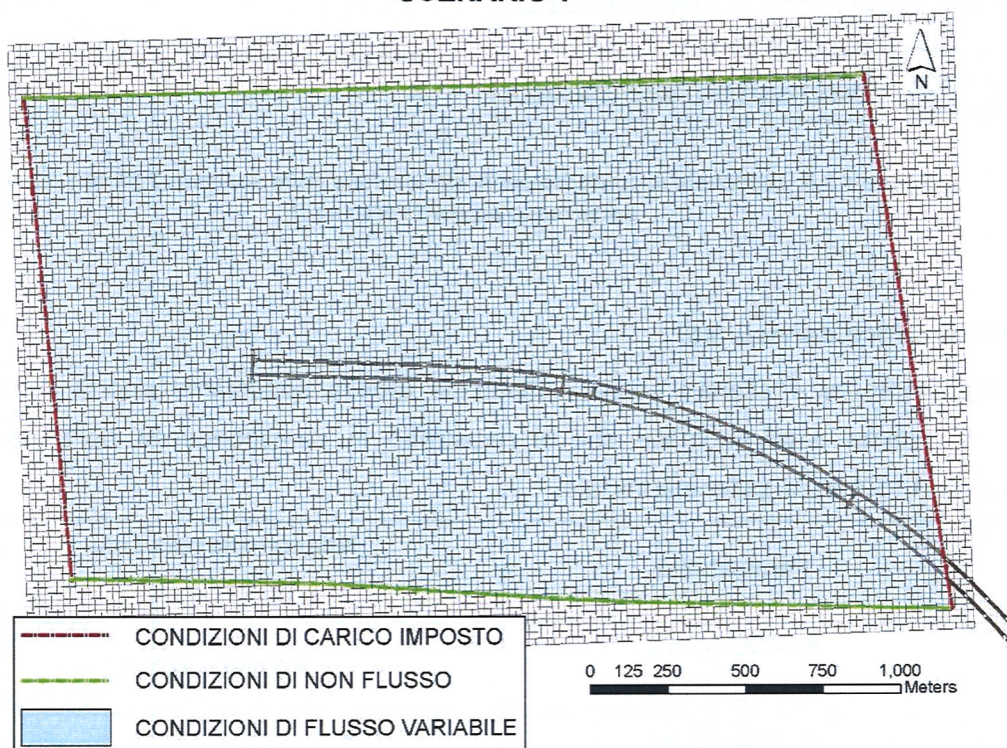


Figura 4.3.4: condizioni al contorno per la simulazione dello scenario 1 (flusso idrico sotterraneo da ovest verso est)

SCENARIO 2

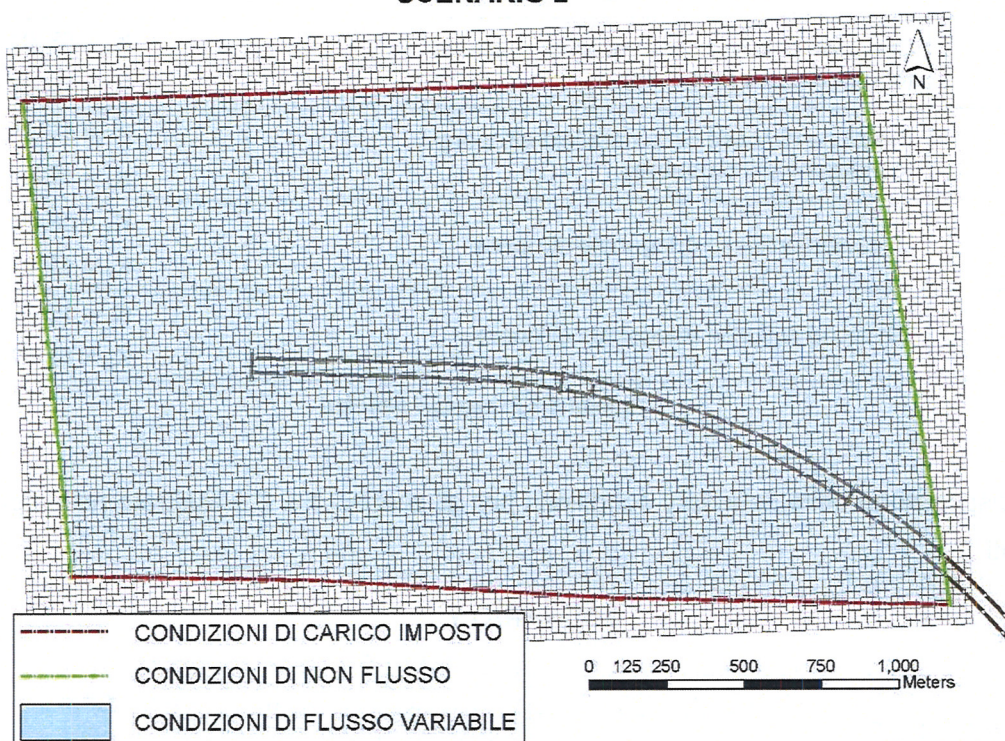


Figura 4.3.5: condizioni al contorno per la simulazione dello scenario 2 (flusso idrico sotterraneo da nord verso sud)

4.3.4 Analisi critica dei risultati

Con riferimento ai 4 scenari sopra elencati, la tabella sottostante riporta l'entità massima e minima delle anomalie che si registrano in corrispondenza della parte terminale (pk1+100) della galleria artificiale.

Scenario	Permeabilità	Isoanomalie max / min (valori in m)
1a	$K_1 = 5E-04$ m/s $K_2 = 1E-07$ m/s	+ 0.030 / - 0.015
1b	$K_1 = 1E-05$ m/s $K_2 = 1E-07$ m/s	+ 0.032 / - 0.015

Scenario	Permeabilità	Isoanomalie max / min (valori in m)
2a	$K_1 = 5E-04$ m/s $K_2 = 1E-07$ m/s	+ 0.073 / - 0.029
2b	$K_1 = 1E-05$ m/s $K_2 = 1E-07$ m/s	+ 0.074 / - 0.03

Tabella 4.3.3: entità massime e minime delle interferenze generate dagli scenari simulati

Le figure sotto riportate illustrano la geometria delle anomalie (in m) rappresentate su uno stralcio della Carta Geologica del Progetto Preliminare (in scala 1:10.000).





Figura 4.3.6: geometria delle iso-anomalie (scenari 1 e 2) rappresentate sulla Carta Geologica 1:10.000

Le 4 simulazioni condotte hanno evidenziato che:

- in qualunque scenario considerato, i valori di **interferenza** (innalzamento del livello di falda a monte dell'opera e abbassamento a valle, rispetto alla direzione di flusso) sono **centimetrici** e dunque **sostanzialmente trascurabili**;
- il fattore di maggior impatto è costituito dalla direzione di incidenza del flusso rispetto all'opera; con un angolo ortogonale (scenario 2) si hanno i valori maggiori;
- il manufatto di maggior (unico) impatto è costituito dalla galleria artificiale, in particolare nella parte terminale di innesto con la galleria naturale.

Inoltre, i risultati devono essere considerati alla luce dei seguenti fattori:

- lo scenario 2 è molto cautelativo in quanto descrive una condizione generalizzata di flusso idrico sotterraneo che solo localmente si può realizzare; infatti una fase di piena

della Dora potrebbe, al limite, causare una diversione locale della direzione delle isofreatiche;

- le condizioni di permeabilità dei depositi sono state considerate nei loro valori estremi senza determinare grandi variazioni di risultato, in quanto la sezione idraulica libera, al di sotto dell'opera, è dell'ordine di 20-30m;
- la potenza dell'unità idrogeologica 1 è stata valutata secondo lo scenario più cautelativo (minor spessore) e coincidente con i primi livelli di alluvioni fini (unità 2) sebbene questi livelli non sembrano continui alla scala dell'area.

In definitiva, si può ragionevolmente affermare che l'interferenza causata dalla galleria artificiale non determini alterazioni di livello della falda superficiale di entità tale da avere impatti sia sui manufatti in superficie sia su eventuali opere di captazione (pozzi) situati nelle vicinanze dell'opera. L'interferenza causata dalla sola galleria di linea è trascurabile.

4.4 La parte finale del tracciato (zona di Settimo Torinese)

Come descritto nel paragrafo 3.2.2 il contesto idrogeologico evidenzia la presenza di una falda superficiale, contenuta in depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi (permeabilità $> 1E-05$ m/s) e nei sottostanti depositi sabbiosi (permeabilità $1E-06 < k < 1E-05$ m/s), con livello piezometrico posto a pochi metri dal piano campagna, interferita dalla presenza della galleria naturale e in seguito da quella artificiale (GA Settimo); quest'ultima si sviluppa per complessivi 610m, risalendo fino in superficie a partire da una quota di circa a -20 m da p.c..

La base dell'acquifero è posta a circa -70 da p.c. e viene considerata, ai fini modellistici, come la base dell'acquifero contenuto nei depositi superficiali (unità1) nei sottostanti depositi astiani (unità 2).

La direzione di flusso idrico sotterraneo è inclinata di circa 60° rispetto allo sviluppo lineare dell'opera.

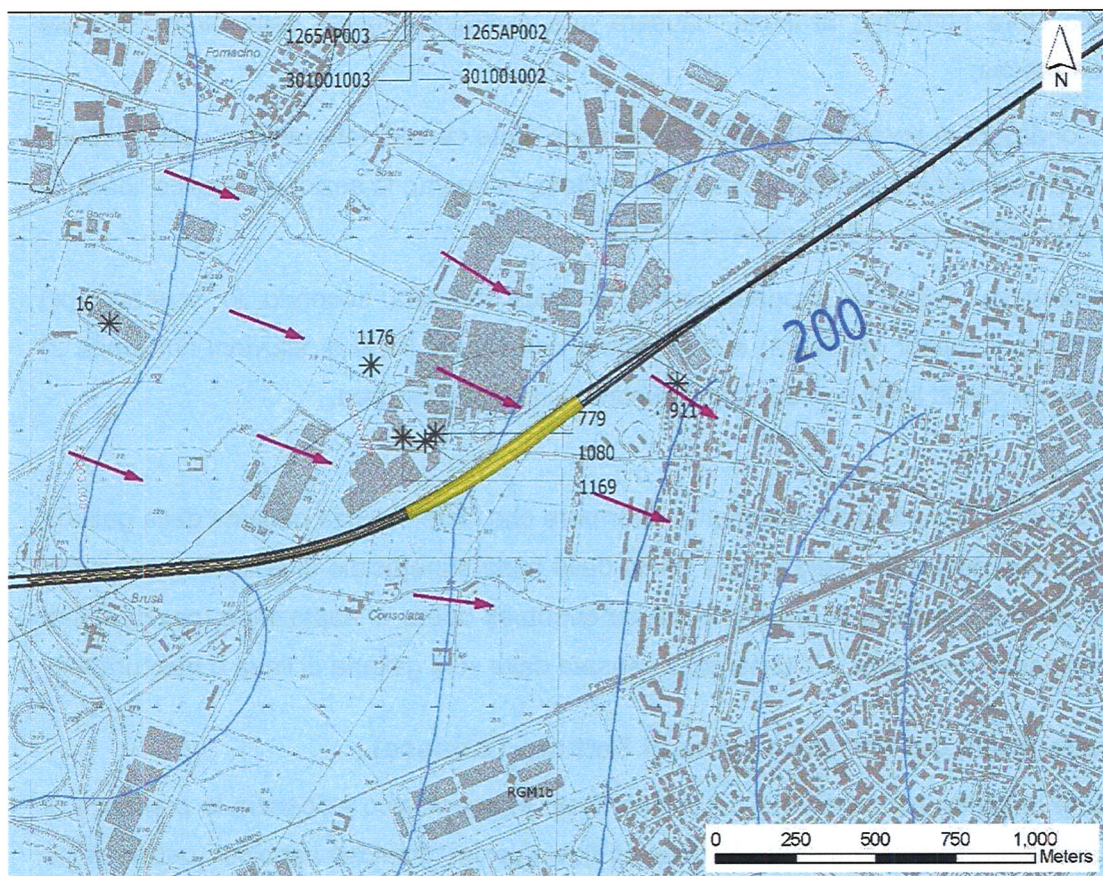


Figura 4.4.1: estratto dalla Carta Idrogeologica cod. D040 00 R 69 G4 GE0002 003 A, con evidenziazione della direzione di flusso (freccie magenta) e dell'estensione della galleria artificiale Settimo (in giallo)

In tale contesto, l'estensione del modello comprenderà la galleria naturale e quella artificiale in modo da poter valutare, con soddisfacente precisione, le variazioni indotte sul regime della falda sia dalla galleria artificiale sia da quella naturale.

4.4.1 Costruzione del modello

L'estensione dell'area del modello è stata determinata secondo due esigenze:

- contenere le opere in progetto (galleria naturale presente a circa -30m da p.c. e il suo raccordo con la galleria artificiale Settimo) interferenti con la falda superficiale;

- risultare sufficientemente grande affinché le condizioni imposte (al contorno) non influenzassero i risultati.

La figura sottostante riporta l'estensione e la discretizzazione del dominio di calcolo in celle. L'estensione del modello è di circa 2.2km x 2.3km.

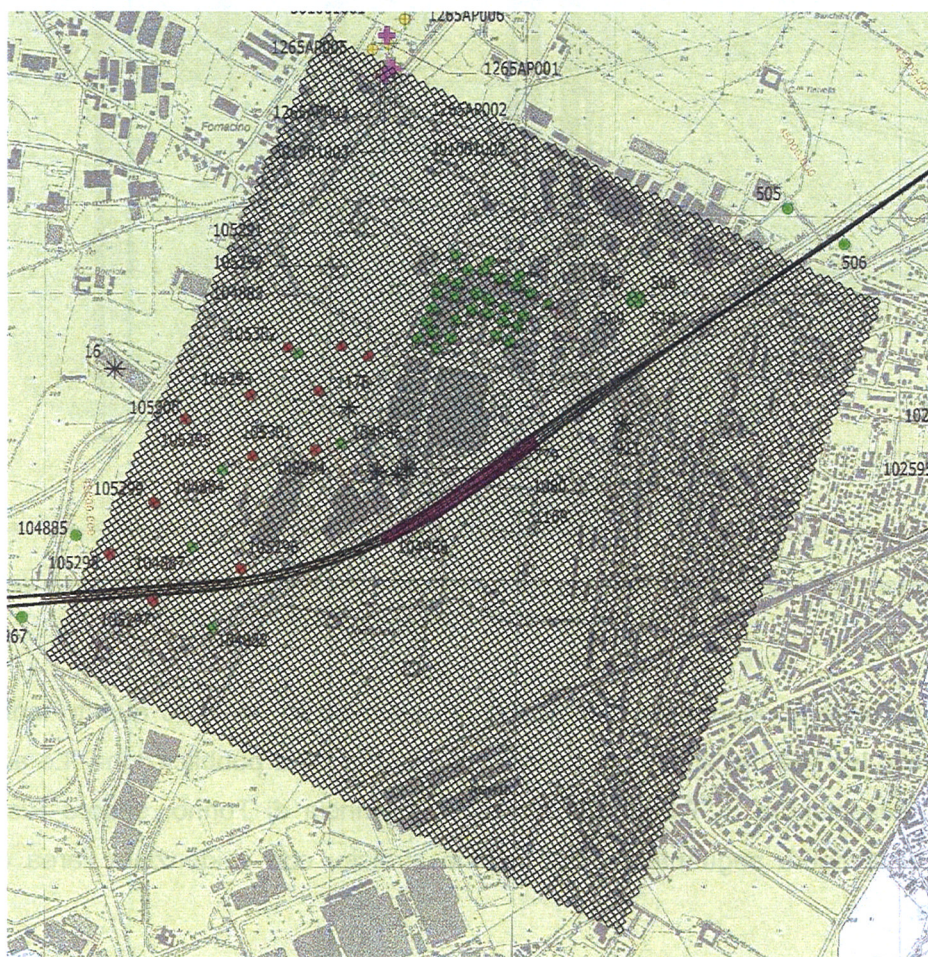


Figura 4.4.2: area del modello numerico e discretizzazione del dominio di calcolo

Il modello numerico ha un piano campagna variabile da quota 222m a 208m s.l.m., interpolato a partire dai dati topografici. Lo spessore totale del modello è di 70m, che coincide sostanzialmente con l'estensione in verticale del complesso formato dalle unità idrogeologiche 1 e 2 (cfr. figura 4.4.3).

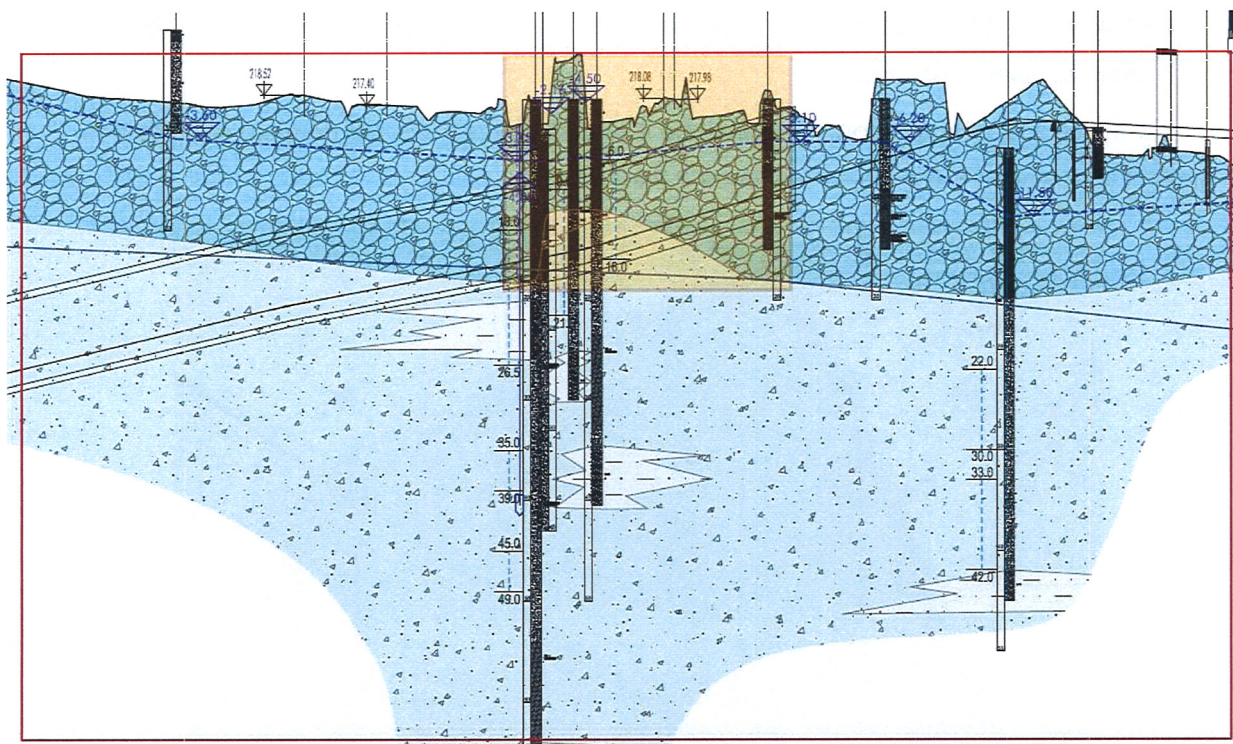


Figura 4.4.3: estratto dal Profilo Idrogeologico con evidenziata l'area di pertinenza del modello numerico (area rossa) e della GA Settimo (area gialla)

Il limite tra l'unità idrogeologica 1 e l'unità 2 è stato posto secondo quanto indicato dalla carta delle isobate dell'acquifero superficiale inserita nella pubblicazione "Le acque sotterranee della pianura di Torino" redatto dalla Provincia di Torino, settore Risorse Idriche, di cui la figura seguente ne riporta uno stralcio, con evidenziata l'area della modellazione.



Figura 4.4.4: isobate dell'acquifero superficiale, estratto dalla Carta delle base dell'acquifero superficiale da "Le acque sotterranee della pianura di Torino" - Provincia di Torino, Servizio Risorse Idriche

La discretizzazione verticale, in funzione delle condizioni da simulare (profondità delle paratie per la galleria artificiale e andamento della galleria naturale) e dello spessore dell'acquifero freatico è stata suddivisa in 4 layer. Tale suddivisione oltre a permettere di simulare lo scenario di riferimento idrogeologico (2 unità diverse) permette di attivare, nelle celle di pertinenza (in pianta e in profilo) le condizioni locali di barriera determinate dall'opera (galleria artificiale e naturale).

La tabella seguente riassume i dati salienti della discretizzazione verticale del modello.

Layers	Δ quota top (m s.l.m.)	Δ quota bottom (m s.l.m.)	Acquifero	Condizione / elemento da simulare
1	222-208	212-199.5	unità idrogeologica 1 (k_1)	paratie della galleria artificiale pk 43+030+43+640 (condizione "barrier")
2	212-199.5	205-195	unità idrogeologica 1 (k_1)	paratie della galleria artificiale pk 43+030+43+640 e galleria di linea tra pk 42+500+43+030 (condizione "barrier")
3	205-195	187.5	unità idrogeologica 2 (k_2)	galleria di linea tra pk 42+000-42+500 (condizione "barrier")
4	187.5	150	unità idrogeologica 2 (k_2)	

Tabella 4.4.1: discretizzazione verticale del dominio di calcolo, dati salienti

La figura seguente riporta la sezione O-E (profondità ingrandita 10x) del modello. La sezione è realizzata all'incirca in asse al tracciato.

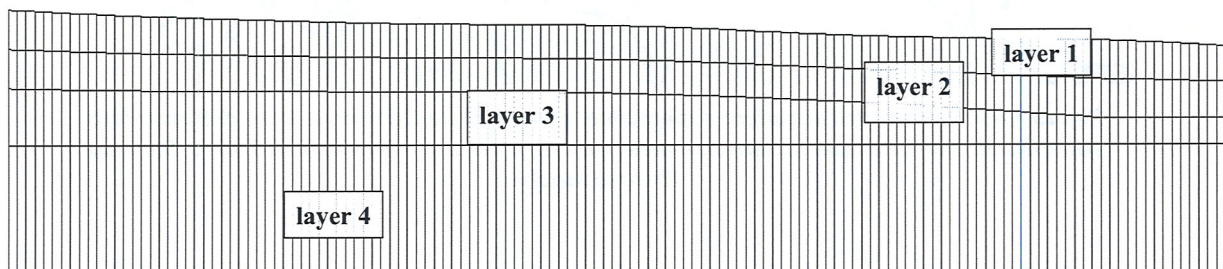


Figura 4.4.5: discretizzazione verticale del dominio di calcolo (10x)

4.4.2 Condizioni al contorno

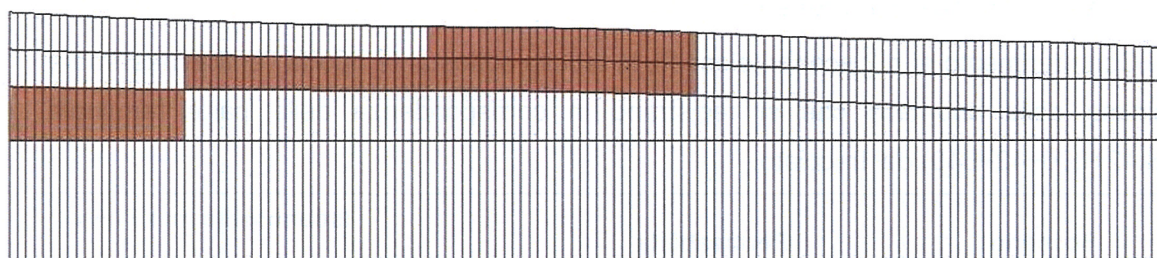
Come nel caso del modello precedente, il codice di calcolo alle differenze finite utilizzato è MODFLOW (McDonald e Harbaugh, USGS 1988, 1996).

Al fine di riprodurre il campo di moto osservato, sono state imposte le seguenti condizioni al contorno:

- condizioni di carico imposto ("condizione di Dirichlet");
- condizioni di flusso variabile;
- condizioni di non flusso.

Le condizioni di carico idraulico imposto sono state applicate sul bordo nord-ovest ed sud-est del modello al fine di simulare le condizioni di alimentazione della falda superficiale (ricarica laterale prevalente) con riferimento alla geometria di flusso ipotizzata quasi ortogonale allo sviluppo dell'opera. Le condizioni di "non flusso" sono state applicate ai bordi del modello dove la direzione di flusso è perpendicolare agli stessi.

La simulazione dell'effetto barriera determinato dalla presenza della galleria artificiale e da quella naturale è stata eseguita applicando alle celle di pertinenza (in pianta e in profilo) la proprietà "Horizontal Flow Barrier" (HFB) specificatamente prevista dal codice di calcolo. Il parametro di controllo di tale condizione è determinato dal rapporto (cfr. "hydraulic characteristic" in Modflow 2000) tra la permeabilità dell'elemento (k_b) e lo spessore della barriera. Nel caso pratico è stato utilizzato un valore di $k_b = 1E-09$ m/s per uno spessore di 12m.



 Condizione HFB applicata al dominio di calcolo

Figura 4.4.6: estensione della condizione di barriera idraulica (HFB) applicata al dominio di calcolo (sezione)

4.4.3 Scenari simulati

Gli scenari simulati sono legati alla variazione di permeabilità di riferimento adottata per l'unità idrogeologica 1. Le condizioni applicate sono riportate nella tabella seguente.

Scenario	Permeabilità
1	$K_1 = 1E-05$ m/s (layer 1 e 2) $K_2 = 1E-06$ m/s (layer 3 e 4)
2	$K_1 = 1E-04$ m/s (layer 1 e 2) $K_2 = 1E-06$ m/s (layer 3 e 4)

Tabella 4.4.2: scenari simulati

In pratica, è stato fatto variare soltanto il parametro di permeabilità dell'unità 1 in quanto la sottostante unità 2, avendo una permeabilità variabile tra $1E-05$ e $1E-06$ m/s avrebbe, nel caso dello scenario 1, costituito un unico indifferenziato acquifero con l'unità 1 ($k_1 = 1E-05$ m/s).

4.4.4 Analisi critica dei risultati

Con riferimento ai n.2 scenari elencati, la tabella sottostante riporta l'entità massima e minima delle anomalie che si registrano in corrispondenza della parte terminale (pk42+000÷43+640) del tracciato.

Scenario	Permeabilità	Isoanomalie max / min (valori in m)
1	$K_1 = 1E-05$ m/s (layer 1 e 2) $K_2 = 1E-06$ m/s (layer 3 e 4)	+ 0.64 / - 0.55
2	$K_1 = 1E-04$ m/s (layer 1 e 2) $K_2 = 1E-06$ m/s (layer 3 e 4)	+ 1.60 / - 1.55

Tabella 4.3.3: entità massime e minime delle interferenze generate dagli scenari simulati

Le figure sotto riportate illustrano la geometria delle anomalie riportate su uno stralcio della Carta Geologica 1:10.000.

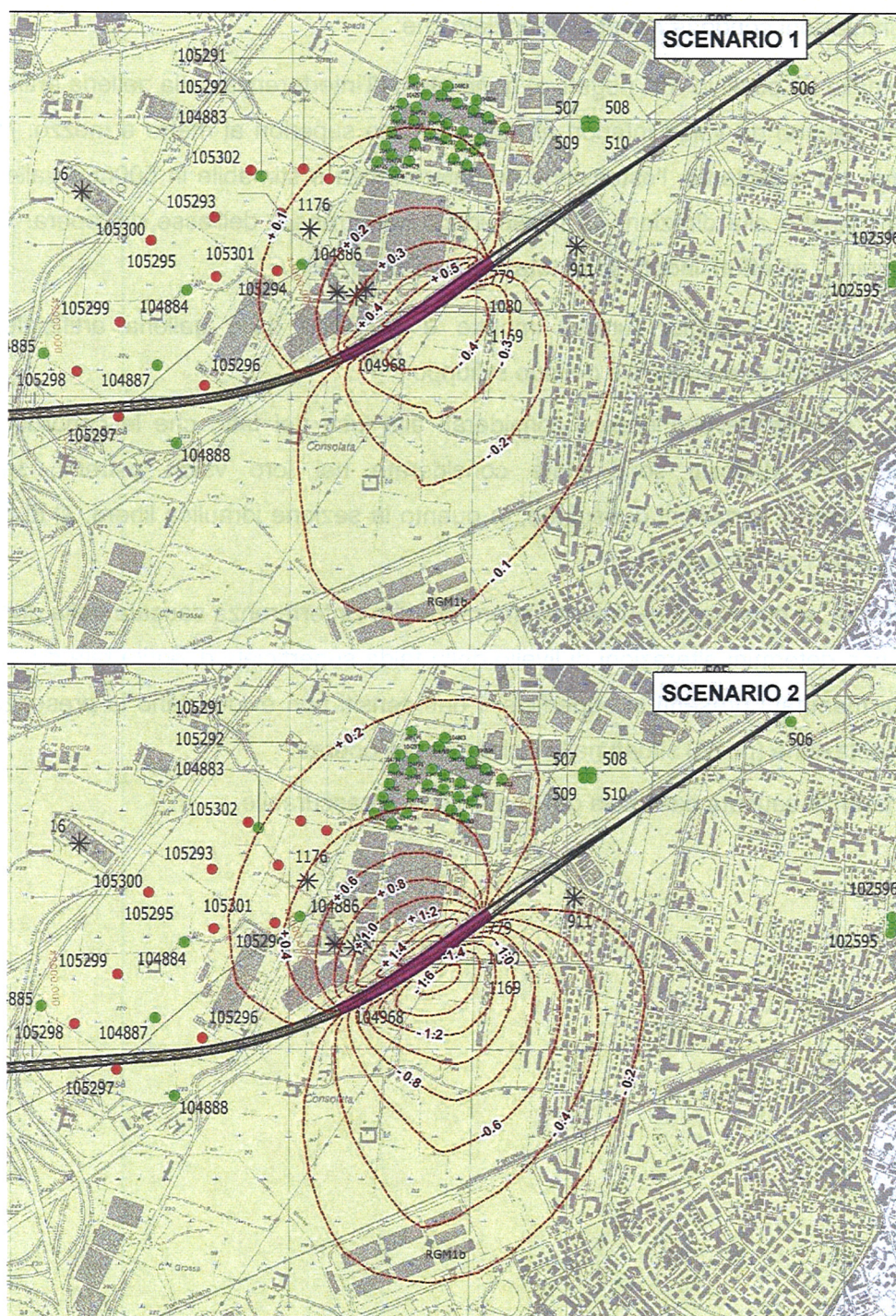


Figura 4.4.7: geometria delle iso-anomalie (scenari 1 e 2) sulla base della Carta Geologica 1:10.000

Le 2 simulazioni condotte hanno evidenziato che:

- le anomalie (in positivo e in negativo) generate dall'interferenza della galleria artificiale Settimo variano da valori inferiori al metro a poco superiori al metro e mezzo. Nello scenario più impattante, l'estensione dell'interferenza è stimabile in 500m a valle e a monte (rispetto alla direzione di flusso idrico sotterraneo) dell'asse dell'opera. Oltre tale distanza gli effetti indotti sono totalmente trascurabili;
- il manufatto di maggior (unico) impatto è costituito dalla galleria artificiale, in particolare nella parte centrale del suo sviluppo.

Inoltre, i risultati devono essere considerati alla luce del fatto che le condizioni di permeabilità dei depositi sono state considerate nei loro valori estremi, senza determinare grandi variazioni di risultato, in quanto la sezione idraulica libera, al di sotto dell'opera, è pari ad almeno 40m.

In definitiva, si può ragionevolmente affermare che l'interferenza causata dalla galleria artificiale non determini alterazioni di livello della falda superficiale di entità tale da avere impatti sui manufatti presenti in superficie. I dati censiti non evidenziano la presenza di opere di captazione (pozzi) situati nelle vicinanze dell'opera.

L'interferenza causata dalla sola galleria di linea è trascurabile.

5 VALUTAZIONE DELLA PROBABILITA' DI IMPATTO SUI PUNTI D'ACQUA

5.1 Criteri di analisi del tracciato

I criteri di analisi dell'interferenza dell'opera (nel suo complesso) sui punti d'acqua presenti lungo il tracciato sono stati di seguito definiti.

Distanza dall'asse del tracciato: l'area di pertinenza per la valutazione del grado di interferenza è stata definita in 500m a cavallo dell'asse. Tale distanza è stata valutata prendendo in considerazione i risultati ottenuti dalle modellazioni numeriche relative all'interferenza delle strutture delle gallerie artificiali che, di fatto, determinano l'impatto di maggior rilevanza (effetto barriera) rispetto a tutte le altre opere in progetto (galleria naturale, viadotto, rilevato).

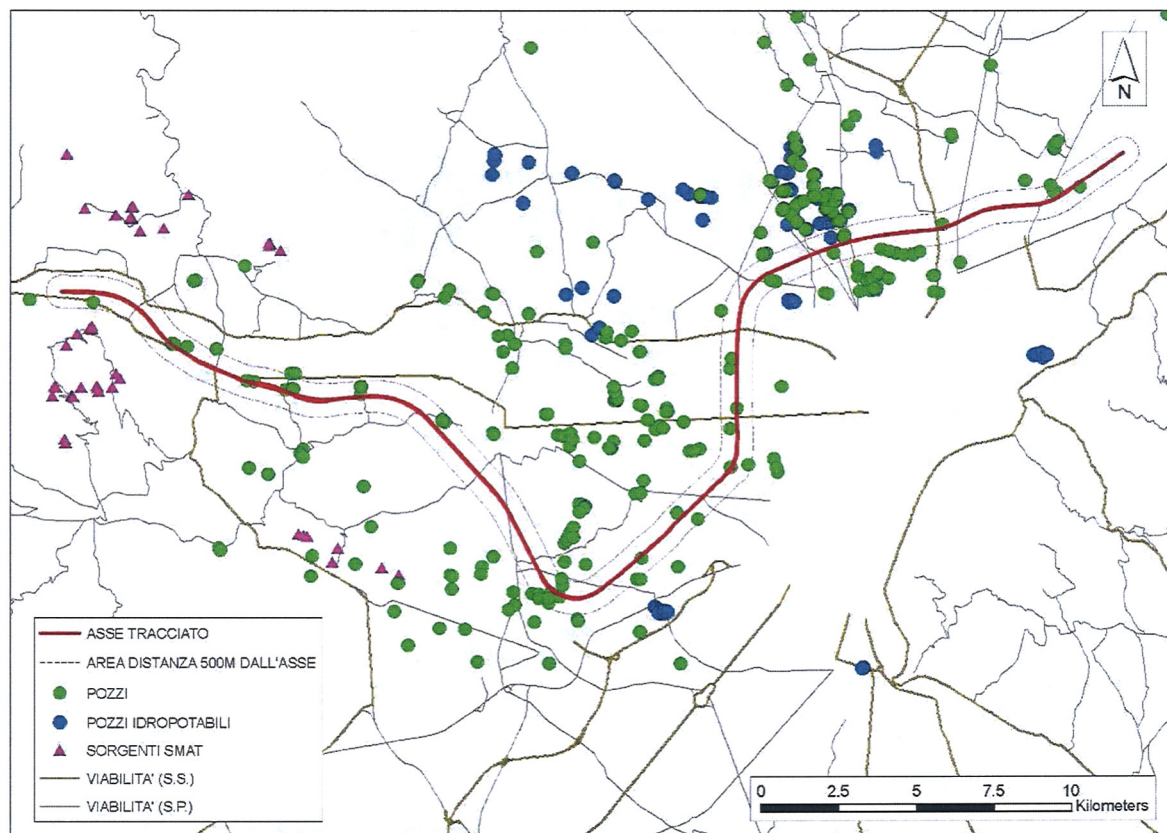


Figura 5.1.1: totale dei punti d'acqua censiti nel progetto

Tipologia pozzi e/o sorgenti: i dati raccolti durante la campagna indagini e riassunte negli elaborati cartografici e relazioni tecniche (Carta Idrogeologica, Rapporto Attività di Campagna) permettono di dividere i pozzi e le sorgenti censite ed ubicate in tre categorie:

- **pozzi idropotabili**: i campi pozzi di maggior rilevanza sono presenti nella zona di Beinasco, Borgaro e Venaria Reale. La zona di maggior prossimità è rilevata nella parte terminale del progetto, nell'area di Borgaro Torinese. Tali pozzi hanno necessariamente la maggior sensibilità in relazione alla loro destinazione d'uso, oltre che alle normative vigenti (Regolamento Regionale 15/R del 11/12/2006) che indicano in 200m la zona di rispetto. Nella maggioranza dei casi, tali pozzi sfruttano i livelli profondi presenti nel sistema multifalda del Villafranchiano, mentre l'opera, salvo rari tratti, si sviluppa nei terreni dove ha sede la falda superficiale;

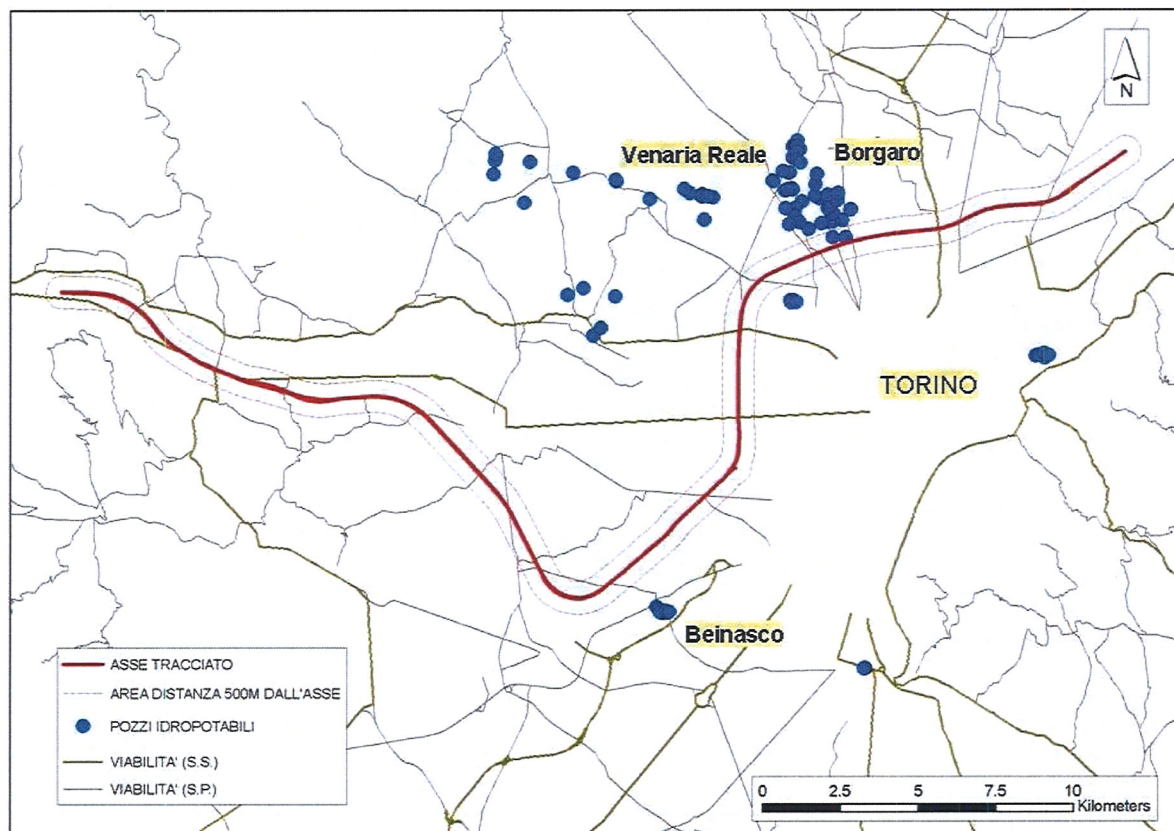


Figura 5.1.2: pozzi idropotabili censiti lungo il progetto

- **pozzi non idropotabili:** tali pozzi sono stati individuati mediante la consultazione di diverse banche dati, disponibili sia in internet (servizio WebGis dell'ARPA Piemonte) sia presso gli enti pubblici e privati (Regione Piemonte, Provincia di Torino, Politecnico);
- **sorgenti SMAT** (captate a scopo idropotabile): si riferiscono a sorgenti captate ad uso idropotabile da SMAT per l'approvvigionamento idrico. Sono presenti a quote molto superiori a quelle dell'opera nei territori comunali di Villar Dora, S. Ambrogio e Villarbasse, sui rilievi rocciosi e collinari. La loro distanza è, comunque, superiore ai 1000-1500 metri dall'asse e pertanto sono da escludere possibili interferenze tra le sorgenti e lo sviluppo del tracciato.

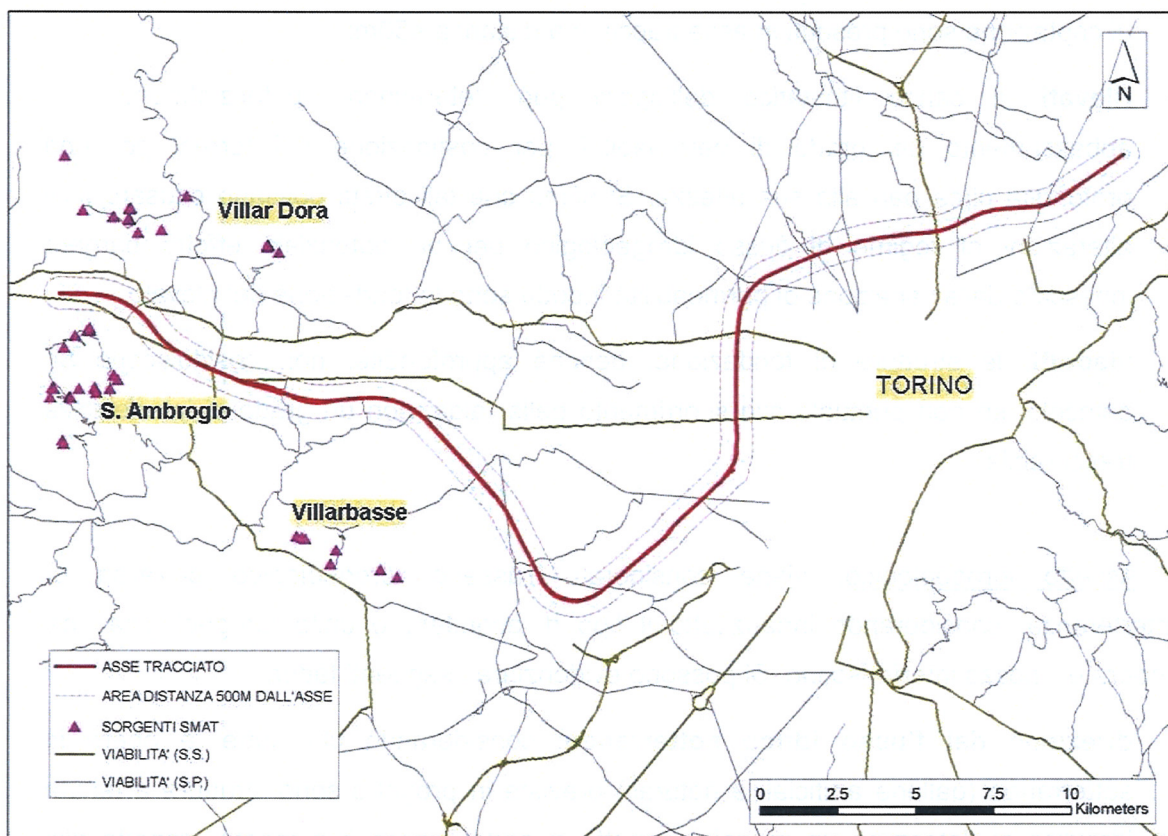


Figura 5.1.3: sorgenti censite (gestione SMAT) lungo il progetto

Tipologia di opera prevista: l'impatto potenziale è collegato alla tipologia di opera prevista che a sua volta determina, in misura maggiore o minore, una modificazione del regime idrogeologico che può riflettersi sulla risorsa idrica. In sintesi, si possono elencare le varie opere e relativi impatti secondo la seguente divisione:

- **gallerie artificiali:** inducono modificazioni a causa dell'effetto barriera che causano sulla falda superficiale (non sono strutture in grado di raggiungere la profondità del sistema multifalde del Villafranchano s.l.). L'entità dell'interferenza è stata valutata tramite una modellazione numerica nel capitolo precedente;
- **gallerie naturali:** causano interferenze di entità trascurabile sul regime di scorrimento delle acque sotterranee. La maggior interferenza causata è di tipo fisico, se le opere di captazione sono presenti in asse tracciato a distanza <50m;
- **rilevati:** il carico litostatico dell'opera può determinare, potenzialmente, un abbassamento del grado di permeabilità per costipazione dei terreni per una profondità circa pari alla sua altezza. Si stima che tali effetti possano causare lievi alterazioni al regime di flusso idrogeologico per un potenziale effetto barriera innescato dalla variazione di permeabilità indotta sotto la fondazione del rilevato;
- **viadotti:** le strutture di fondazione, benché approfondite, non costituiscono un ostacolo, se non puntuale allo scorrimento della falda, con un grado di interferenza trascurabile.

Assetto idrogeologico: viene considerato l'assetto idrogeologico dell'area di interferenza, considerando innanzitutto il tipo di acquifero o unità idrogeologica che l'opera e il pozzo interferiscono. Si possono evidenziare i seguenti fattori:

- **direzione del flusso idrico sotterraneo:** considerando che tutte le opere in sotterraneo (gallerie artificiali e naturali) previste in progetto sono strutture a tenuta idraulica si determina un maggior impatto quando l'opera è a monte (rispetto alla direzione di flusso) del pozzo, in quanto può causare una parziale schermatura e dunque una limitazione all'area di alimentazione;

- **acquifero captato dal pozzo:** l'interferenza si determina quando l'acquifero di alimentazione del pozzo è lo stesso attraversato dall'opera. In caso contrario, anche una breve distanza verticale tra la profondità dell'opera ed i livelli acquiferi captati è sufficiente ad evitare qualsiasi interferenza.

5.2 I punti d'acqua

Considerando un'area di interesse pari a 1 km a cavallo dell'asse dell'opera, ritenuta più che cautelativa per considerare l'effetto dell'interferenza dell'opera sul quadro idrogeologico, la tabella seguente riporta i dati salienti dei punti d'acqua considerati nell'analisi di impatto. Nella colonna "categoria pozzo" sono riportati i dati della legenda della Carta Idrogeologica relativi al database da cui questi dati sono stati estratti.

I pozzi e le sorgenti presenti al di fuori dell'area di 1km a cavallo dell'asse del tracciato sono da considerare come a impatto nullo.

Progressiva	Codice pozzo	Categoria pozzo	Distanza dall'opera	Opera
km			(m)	
0+660	1255AP002	pozzo SMAT indiff	320	GA S. Ambrogio
3+840	1255AP003	pozzo SMAT indiff	30	GN S. Antonio-Cameroni
3+840	1255AP005	pozzo SMAT indiff	33	GN S. Antonio-Cameroni
3+840	1255AP007	pozzo SMAT indiff	20	GN S. Antonio-Cameroni
3+840	1255AP008	pozzo SMAT indiff	asse	GN S. Antonio-Cameroni
5+300	1013AP001	pozzo ARPA	600	GN S. Antonio-Cameroni
5+300	1013AP002	pozzo ARPA	600	GN S. Antonio-Cameroni
5+300	1373	pozzo ARPA	600	GN S. Antonio-Cameroni
6+496	1013AP003	pozzo SMAT indiff	15	GN S. Antonio-Cameroni
6+748	1013AP004	pozzo SMAT indiff	15	GN S. Antonio-Cameroni
7+785	1045AP005	pozzo ARPA	25	GN S. Antonio-Cameroni
8+000	1045AP001	pozzo ARPA	155	GN S. Antonio-Cameroni
8+000	1045AP002	pozzo ARPA	155	GN S. Antonio-Cameroni
8+000	1045AP003	pozzo ARPA	155	GN S. Antonio-Cameroni
8+000	1045AP004	pozzo ARPA	155	GN S. Antonio-Cameroni

Progressiva	Codice pozzo	Categoria pozzo	Distanza dall'opera	Opera
10+246	32	pozzo Nicolussi	60	GN S.Antonio-Cameroni / interconnessioni
10+300	1228AP001	pozzo SMAT indiff	305	GN S.Antonio-Cameroni / interconnessioni
10+300	1228AP002	pozzo SMAT indiff	305	GN S.Antonio-Cameroni / interconnessioni
10+300	1228AP003	pozzo SMAT indiff	305	GN S.Antonio-Cameroni / interconnessioni
13+000	1219AP005	pozzo SMAT indiff	326	GN S.Antonio-Cameroni / interconnessioni
13+000	1219AP006	pozzo SMAT indiff	286	GN S.Antonio-Cameroni / interconnessioni
13+000	1219AP007	pozzo SMAT indiff	326	GN S.Antonio-Cameroni / interconnessioni
19+178	637	Pozzo Politecnico Torino	404	Viadotto
19+450	1214AP007	pozzo SMAT indiff	105	Viadotto
19+450	1214AP006	pozzo SMAT indiff	270	Viadotto
19+590	1214AP008	pozzo SMAT indiff	420	Viadotto
19+670	1214AP0011	pozzo SMAT indiff	300	Viadotto
19+724	1214AP001	pozzo SMAT indiff	70	Viadotto
22+278	309401001	pozzo Reg Piemonte	469	rilevato Orbassano
22+775	1079	Pozzo Politecnico Torino	70	rilevato Orbassano
24+540	1089	Pozzo Politecnico Torino	200	rilevato Orbassano
25+000	1120AP008	pozzo SMAT indiff	400	GA Orbassano
26+875	1010	Pozzo Politecnico Torino	10	GA Orbassano
27+165	382	Pozzo Politecnico Torino	400	GA Orbassano
28+160	289	Pozzo Politecnico Torino	220	GN Marche-Settimo
28+800	1381	Pozzo Politecnico Torino	24	GN Marche-Settimo
30+060	1231	Pozzo Politecnico Torino	187	GN Marche-Settimo

Progressiva	Codice pozzo	Categoria pozzo	Distanza dall'opera	Opera
30+372	951	Pozzo Politecnico Torino	145	GN Marche-Settimo
33+395	1388	Pozzo Politecnico Torino	208	GN Marche-Settimo
33+605	814	Pozzo Politecnico Torino	318	GN Marche-Settimo
35+660	1365	Pozzo Politecnico Torino	205	GN Marche-Settimo
35+735	1292AP038	pozzo SMAT POTAB	300	GN Marche-Settimo
36+125	1272AP013	pozzo SMAT POTAB	180	GN Marche-Settimo
36+135	1272AP012	pozzo SMAT indiff	210	GN Marche-Settimo
36+190	8	Pozzo Politecnico Torino	275	GN Marche-Settimo
37+260	102857	Pozzo ARPA	435	GN Marche-Settimo
39+310	985	Pozzo Politecnico Torino	93	GN Marche-Settimo
43+080	1169	Pozzo Politecnico Torino	185	GA Settimo
43+080	1176	Pozzo Politecnico Torino	446	GA Settimo
43+175	1080	Pozzo Politecnico Torino	140	GA Settimo
43+285	779	Pozzo Politecnico Torino	160	GA Settimo

Tabella 5.2.1: punti d'acqua presenti nell'area di 1 km a cavallo dell'asse del tracciato

5.3 Valutazione dell'interferenza

I criteri adottati per una prima valutazione della probabilità di impatto sono basati su due fattori principali:

- la distanza tra il punto d'acqua e l'opera, calcolata, a scopo cautelativo, a partire dalla distanza dell'esterno della sagoma laterale della canna più vicina;
- la tipologia dell'opera.

La tabella seguente riporta le probabilità di impatto valutate secondo i criteri adottati.

Opera / Distanza (m)	0 - 30	30 -60	60 - 100	> 100
Galleria artificiale	3	valutata sui risultati del modello numerico		
Galleria naturale	3	2	1	0
Viadotto	3	1	0	0
Rilevato	2	1	0	0

Tabella 5.3.1: criteri adottati per il calcolo della probabilità di impatto e classi di probabilità dei punti d'acqua presenti nell'area di 1 km a cavallo dell'asse del tracciato

Le classi di probabilità di interferenza adottate sono:

- classe 3 da certa ad elevata
- classe 2 da media a bassa
- classe 1 da bassa a molto bassa
- classe 0 da molto bassa a nulla.

5.4 punti d'acqua impattati

Applicando i criteri sopra riportati ai pozzi della tabella 5.1.1 si evidenzia il seguente quadro di probabilità di impatto:

Progressiva	Codice pozzo	Categoria pozzo	Probabilità di impatto
km			
3+840	1255AP007	pozzo SMAT indiff	3
3+840	1255AP008	pozzo SMAT indiff	3
3+840	1255AP003	pozzo SMAT indiff	3
3+840	1255AP005	pozzo SMAT indiff	3
6+496	1013AP003	pozzo SMAT indiff	3
6+748	1013AP004	pozzo SMAT indiff	3
7+785	1045AP005	pozzo ARPA	3
26+875	1010	Pozzo Politecnico Torino	3
28+800	1381	Pozzo Politecnico Torino	3
10+246	32	Pozzo Nicolussi indiff	2
19+724	1214AP001	pozzo SMAT indiff	1
22+775	1079	Pozzo Politecnico Torino	1
39+310	985	Pozzo Politecnico Torino	1

Tabella 5.4.1: pozzi potenzialmente impattati

A questo risultato si deve inoltre aggiungere la presenza alla progressiva 36+125 del pozzo cod. 1272AP013 distante circa 130m dal tracciato e classificato come idropotabile dal censimento. In relazione alla zona di rispetto di 200m, determinata dal Regolamento Regionale 15/R del 11/12/2006 ed al valore della risorsa occorre inserire tale punto tra quelli da approfondire in maggior dettaglio.

5.5 Analisi critica dei risultati

Analizzando i risultati ottenuti dallo studio, relativamente alle classi di impatto, si evidenzia quanto segue:

Probabilità di impatto certa o elevata: è relativa ai pozzi presenti in asse al tracciato, come ad esempio per il campo pozzi presente a pk 3+840 (vedi figura sotto). L'impatto, se il tracciato è in asse del pozzo sarà certo e totale, diversamente se la distanza è prossima ai 25-30m e il pozzo attinge da una falda profonda. Di conseguenza, l'impatto potrebbe essere inferiore.

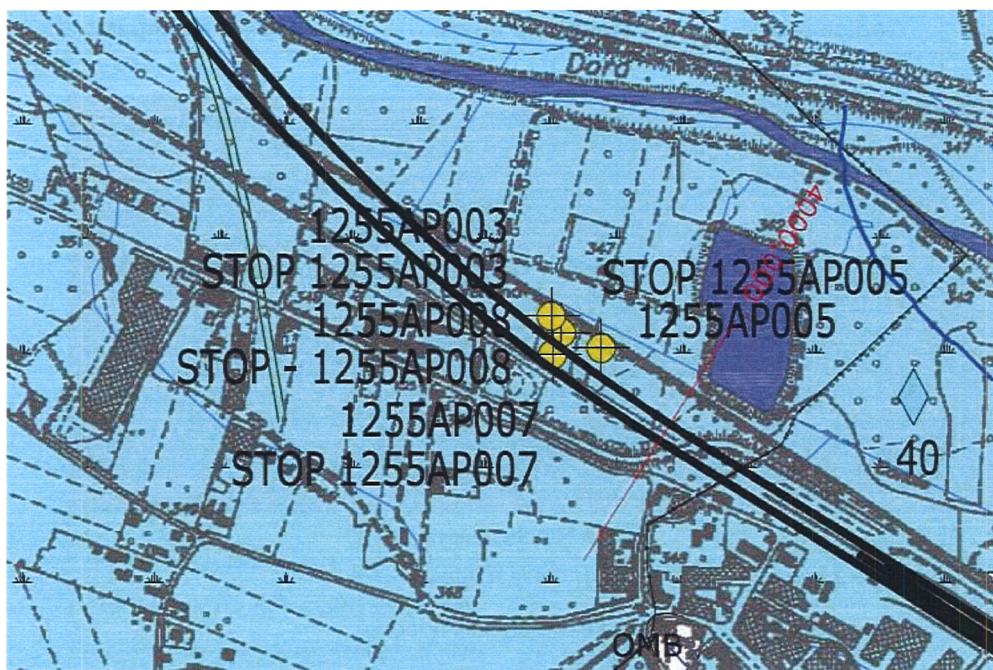


Figura 5.5.1: pozzi presenti alla pk 3+840

Probabilità di impatto da media a bassa: i criteri applicati identificano un solo caso, relativo al pozzo cod. 32 presente nei terreni alluvionali della Dora Riparia alla pk 10+246. Il pozzo non è ad uso idropotabile, ma non si hanno dati relativi alle caratteristiche costruttive del pozzo e del regime di emungimento attuale. Il regime di scorrimento della falda interferita dalla galleria naturale è parallela all'opera. In questo caso è ragionevole attendersi che la galleria non costituisca una barriera della zona di alimentazione del pozzo.

Probabilità di impatto da bassa a molto bassa: nel dettaglio il pozzo a pk 19+724 (cod. 1214AP001) è presente in corrispondenza del viadotto, mentre il pozzo cod. 1079, alla pk 22+779 è in corrispondenza della parte terminale del rilevato. In questi due casi l'interferenza ipotizzata potrebbe essere inferiore se non nulla, una volta valutato nel dettaglio il quadro progettuale (reale disposizione delle strutture di fondazione del viadotto). Il terzo pozzo (cod. 985 vedi figure sotto) è presente alla pk 39+310.

Esaminando in maggior dettaglio la profondità dello sviluppo del pozzo e la sua posizione relativamente alla direzione di deflusso della falda si evidenzia che:

- il pozzo attinge probabilmente da livelli acquiferi profondi;
- la posizione del pozzo è a monte dell'opera rispetto alla direzione media del deflusso idrogeologico.

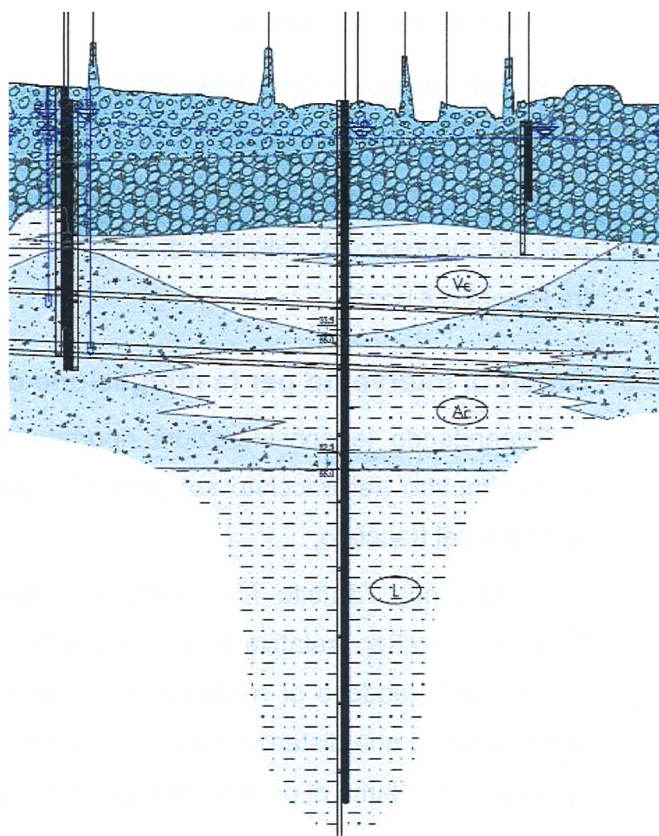


Figura 5.5.2: pozzo cod. 985 alla pk 39+310

Ne consegue che, anche in questo caso, l'impatto dell'opera potrebbe risultare molto basso se non nullo.

In definitiva, l'analisi della probabilità d'interferenza tra il tracciato dell'opera e i punti d'acqua presenti sul territorio evidenzia che, eccetto quando l'opera non interferisce fisicamente con i punti d'acqua (impatto certo e totale), l'impatto determinato dalle opere

(in particolare le gallerie naturali) è sostanzialmente basso. E' tuttavia necessario, nel prosieguo delle fasi progettuali, che per i punti d'acqua compresi in un intervallo di circa 200m a cavallo dell'asse del tracciato, siano raccolte maggiori informazioni relative a:

- utilizzo del pozzo;
- caratteristiche costruttive di dettaglio ed eventuali relazioni di carattere idrogeologico realizzate per il progetto;
- portate emunte in fase di esercizio.

Questi dati permetteranno da un lato di valutare, in caso di sostituzione, i fabbisogni reali del nuovo pozzo, dall'altro, di calcolare con maggior dettaglio l'entità dell'interferenza tra l'opera e il pozzo.

5.6 Criteri di intervento per la mitigazione degli impatti

Riprendendo le considerazioni riportate nei paragrafi precedenti, appare evidente come l'impatto del tracciato sui punti d'acqua sia sostanzialmente legato alla distanza dall'asse del tracciato.

Presentando l'ambito idrogeologico, interessato dalla realizzazione delle opere in progetto, caratteri relativamente omogenei (la produttività degli acquiferi varia per macrotratte), laddove si rendesse necessaria la sostituzione di un pozzo con un altro (localizzato ad una distanza maggiore dal tracciato) con caratteristiche simili, questa non appare un problema di particolare rilevanza progettuale.

I criteri di intervento per la mitigazione degli impatti dovranno essere dunque improntati a definire, nelle successive fasi progettuali, tramite l'acquisizione di ulteriori dati, le situazioni di criticità, anche alla luce dell'affinamento delle soluzioni progettuali già individuate.

I dati a disposizione permettono, al momento, di definire con certezza che le sole soluzioni identificabili sono quelle definitive prevedendo la sostituzione del pozzo impattato con altra captazione, in grado di garantire analoga risorsa per caratteristiche qualitative e quantitative.

Queste soluzioni dovranno essere applicate per i pozzi ad impatto elevato o certo (sostanzialmente quelli presenti in asse tracciato) prima dello scavo dell'opera in modo da non interferire con la continuità del servizio idrico agli utilizzatori.

Per tutti gli altri casi, di minore impatto o con scarsità di informazioni specifiche, nelle successive fasi di approfondimento progettuale potranno essere definiti gli interventi di mitigazione, in base alle relative criticità.

