

COMMITTENTE:



ALTA  
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE  
OBIETTIVO N. 443/01  
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA      Tratta VERONA – PADOVA  
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza  
PROGETTO ESECUTIVO  
PARTE GENERALE  
GEOLOGIA E GEOTECNICA  
GENERALE  
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Paolo Cirmona Data: Giugno 2021		Data:	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
I N 1 7	1 0	E	I 2	R H	G E 0 0 0 0	0 0 3	C	- - - P - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	Giugno 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
B	RECEPIMENTO ISTRUTTORIE	F. Bonciani	Maggio 2021	V. Pastore	Maggio 2021	P. Ascari	Maggio 2021	Dott. A. Casale 
C	RECEPIMENTO ISTRUTTORIE	F. Bonciani	Giugno 2021	V. Pastore	Giugno 2021	P. Ascari	Giugno 2021	

Data: Giugno 2021

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1710E12RHGE0000003C.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 2 di 234

## INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	5
3	NOTE DI IDROGEOLOGIA GENERALE DEL MARGINE PREALPINO E DELLA PIANURA VENETA .....	6
3.1	LA STRUTTURA E LE UNITA' IDROGEOLOGICHE DELLA PIANURA VENETA.....	10
3.2	LA STRUTTURA E LE UNITA' IDROGEOLOGICHE DELLA PIANURA VERONESE .....	12
3.2.1	LA RICARICA DEGLI ACQUIFERI.....	18
3.2.2	MORFOLOGIA PIEZOMETRICA E DIREZIONE DEL FLUSSO IDRICO SOTTERRANEO .....	18
3.2.3	LE OSCILLAZIONI DELLA FALDA.....	27
3.2.4	LE ACQUE SUPERFICIALI .....	44
4	CARATTERI IDROGEOLOGICI DI DETTAGLIO DEL TRATTO DI INTERESSE .....	45
4.1	TRATTO TRA pk 0+000 E pk 10+045.....	47
4.1.1	INDAGINI E PROVE ESEGUITE.....	47
4.1.2	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE .....	62
4.1.3	VALUTAZIONE DELL'INNALZAMENTO DELLA FALDA ATTESO A MEDIO/LUNGO TERMINE.....	74
4.2	TRATTO TRA pk 10+045 E pk 19+160.....	83
4.2.1	INDAGINI E PROVE ESEGUITE.....	83
4.2.2	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE .....	95
4.2.3	VALUTAZIONE DELL'INNALZAMENTO DELLA FALDA ATTESO A MEDIO/LUNGO TERMINE.....	107
4.3	TRATTO TRA pk 19+160 E pk 21+990.....	123
4.3.1	INDAGINI E PROVE ESEGUITE.....	123
4.3.2	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE .....	129
4.3.3	VALUTAZIONE DELL'INNALZAMENTO DELLA FALDA ATTESO A MEDIO/LUNGO TERMINE.....	133
5	INTERFERENZE TRA OPERA E ACQUE SOTTERRANEE.....	137
5.1	OPERE DI CAPTAZIONE E SISTEMA ACQUEDOTTISTICO .....	140
5.1.1	IL SISTEMA ACQUADOTTISTICO DI VERONA E COMUNI LIMITROFI .....	142
5.1.2	OPERE DI CAPTAZIONE LUNGO IL TRACCIATO .....	144
5.2	L'IMPATTO DELLA GALLERIA ARTIFICIALE DI S. MARTINO BUON ALBERGO .....	150
5.2.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE REALIZZATE NELLA TRATTA INTERESSATA DALL'OPERA .....	151
5.2.2	INDAGINI INTEGRATIVE APRILE 2006 .....	155
5.2.3	INDAGINI INTEGRATIVE REALIZZATE PER IL PROGETTO ESECUTIVO (OTTOBRE-DICEMBRE 2020) .....	158
5.2.4	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E IDROGRAFICHE .....	162
5.2.5	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E LITOLOGICHE .....	163
5.2.6	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE .....	168
5.2.7	PARAMETRI IDROGEOLOGICI DELL'ACQUIFERO .....	178
5.2.8	LE RISORGIVE DEGLI ORTI DELLA CHIESA BENEDETTINA DI SAN MARTINO BUONALBERGO .....	203

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 3 di 234

5.2.8.1	DESCRIZIONE DEL CONTESTO E CARATTERISTICHE DELLE RISORGIVE .....	203
5.2.8.2	POSSIBILI EFFETTI DELL'INTERFERENZA DELLE RISORGIVE CON LE PIENE DEL FIUME ADIGE.....	218
5.2.9	STIMA DEGLI EFFETTI SULLA FALDA INDOTTI DALLA GALLERIA ARTIFICIALE.....	219
5.2.9.1	LIMITAZIONI DELLA MODELLAZIONE.....	220
5.2.9.2	STRUTTURA DEL MODELLO NUMERICO DI FLUSSO.....	220
5.2.9.3	RISULTATI DELLA MODELLAZIONE.....	225
5.2.10	INDAGINI INTEGRATIVE E SISTEMA DI MONITORAGGIO DELLA FALDA PER LA VERIFICA DEGLI EFFETTI INDOTTI DALLA GALLERIA ARTIFICIALE.....	229
6	BIBLIOGRAFIA.....	231

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 4 di 234

## 1 PREMESSA

La presente relazione, redatta a corredo del Progetto Esecutivo, illustra gli aspetti idrogeologici dell'area interessata dalla nuova linea ferroviaria AV/AC Verona–Padova, Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza nella tratta compresa tra gli abitati di Verona stazione Porta Vescovo e San Bonifacio corrispondente alle progressive da Km 0+000 a 21+990.

Gli studi condotti in questa fase progettuale e nelle precedenti sono stati finalizzati ad evidenziare le principali caratteristiche idrogeologiche del settore interessato dal progetto ferroviario in un intorno sufficientemente vasto per poter valutare le potenziali interferenze tra l'opera in progetto e le varie componenti ambientali inerenti agli aspetti in esame.

I lavori sono stati svolti tramite una raccolta bibliografica che ha riguardato gli studi precedentemente condotti nell'area per la redazione del progetto preliminare, gli archivi dati raccolti presso le Amministrazione Pubbliche, Regionali, Provinciali e di Enti di Gestione, con particolare riferimento a censimenti di punti d'acqua, ricostruzione degli andamenti piezometrici regionali e dati litostratigrafici e i lavori di ricerca su pubblicazioni scientifiche condotti dal CNR.

Oltre a un inquadramento è stata effettuata un'analisi di dettaglio delle principali caratteristiche dei tratti nei quali è stata suddivisa la linea in oggetto.

A supporto dell'analisi di dettaglio sono state raccolte e sistematizzate le informazioni di tipo stratigrafico e idrogeologico derivanti dalle campagne di indagini effettuate nel 2002, nell'ambito del progetto preliminare, da quelle integrative svolte nel 2014 e nel 2015, appositamente realizzate per la predisposizione del progetto definitivo e le campagne integrative realizzate nel 2018 e 2020 ad integrazione del Progetto Esecutivo.

Nel dettaglio tali indagini sono state mirate all'effettuazione di indagini geognostiche, con prove in situ, installazione di piezometri e monitoraggio dei livelli di falda.

Gli studi sono stati eseguiti esclusivamente lungo il futuro tracciato ferroviario e infittiti in corrispondenza delle tratte contraddistinte da maggiore criticità ambientale in relazione alle potenziali interferenze tra opera e componenti ambientali.

I risultati degli studi e dei rilievi di caratterizzazione idrogeologica del tracciato di progetto sono stati quindi riassunti e schematizzati in una apposita cartografia, tramite la realizzazione di una carta Idrogeologica alla quale è stato associato un profilo Idrogeologico (elaborati IN1710EI2LZGE0000023C-33C).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 5 di 234

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il tracciato completo della linea si sviluppa tra la provincia di Verona a Est e quella di Vicenza a Ovest interessando i seguenti Comuni: Verona, S. Martino Buon Albergo, Zevio, Caldiero, Belfiore, S. Bonifacio, Lonigo, Montebello Vicentino, Brendola, Montecchio Maggiore, Altavilla Vicentina.

Nell'ambito della tratta Verona – Montebello Vicentino, il tracciato ferroviario è stato suddiviso per comodità di esposizione in 3 tratte:

- il tratto 1, compreso tra i km 0+000 e km 10+045 si sviluppa tra i Comuni di Verona, S. Martino Buon Albergo e Zevio. In questa tratta, e precisamente tra i km 4+941 e 6+541 è prevista la realizzazione della galleria artificiale di S. Martino Buon Albergo, per la quale è stato sviluppato un apposito approfondimento dello studio idrogeologico mirato alla valutazione dell'interferenza tra l'opera in progetto e la falda freatica.
- Il tratto 2, compreso tra i km 10+045 e 19+159 attraversa i Comuni di Zevio, Caldiero, Belfiore e S. Bonifacio. In questa tratta è prevista la realizzazione di viadotti in corrispondenza dei Torrenti Fibbio) e D'Illesi-Prognolo.
- Il tratto 3 compreso tra i km 19+159 e 21+990 si sviluppa nel territorio comunale di S. Bonifacio. In questa tratta è prevista la realizzazione del viadotto in corrispondenza presso San Bonifacio (Figura 1).

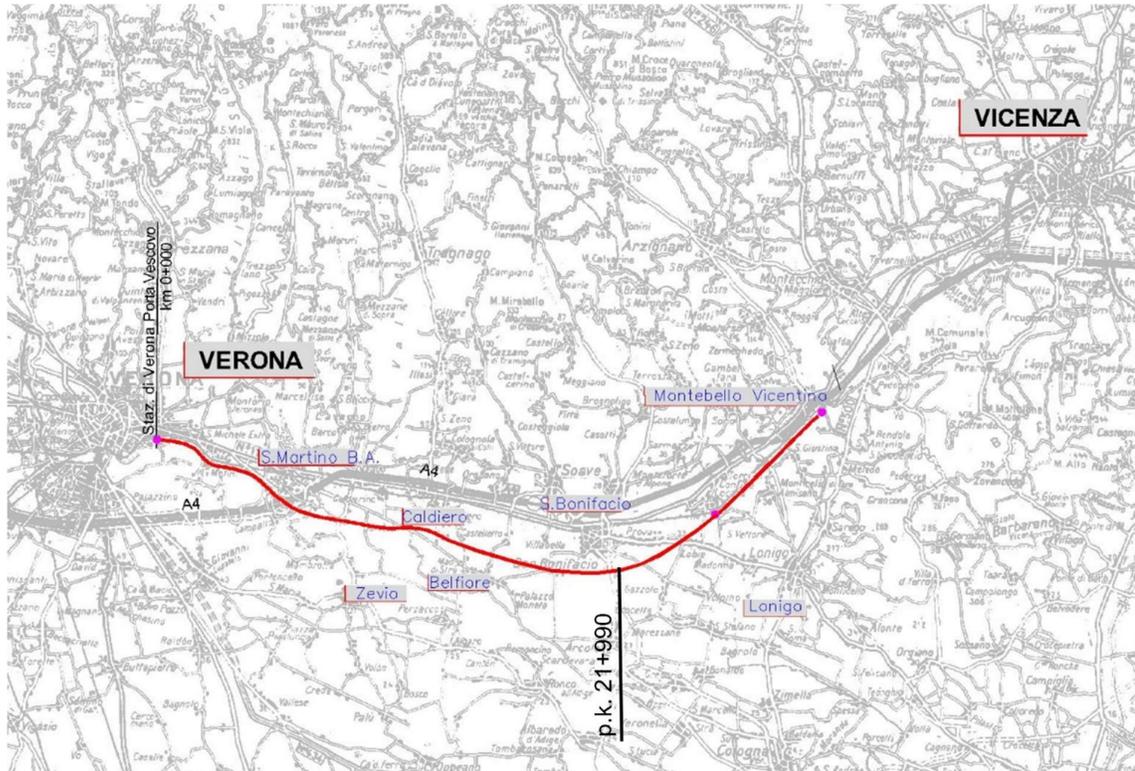


Figura 1 - Inquadramento territoriale del Sub-lotto Verona-Montebello Vicentino e della tratta di interesse (p.k. 0+000 – 21+990).

### 3 NOTE DI IDROGEOLOGIA GENERALE DEL MARGINE PREALPINO E DELLA PIANURA VENETA

L'idrografia della regione montuosa e collinare dell'area in esame è condizionata innanzitutto dall'assetto tettonico generale e dalle caratteristiche litologiche delle formazioni rocciose.

Il sistema idrografico fondamentale è pertanto costituito da valli dirette secondo la massima pendenza della regione monoclinale, orientata da N a S nella parte Nord Occidentale e da NNW a SSE in quella orientale.

A questo si affianca un sistema di valli affluenti, normali o quasi alle maggiori, che convogliano le acque nei bacini principali.

Le caratteristiche dei vari torrenti e "progni" (sinonimo di valle stretta e profonda) sono pressoché analoghe. Nella parte superiore del loro corso drenano bacini discretamente ampi, quindi percorrono valli per lo più strette fino ad arrivare in valli larghe, in generale occupate da alluvioni abbondanti e molto permeabili.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 7 di 234

Dal punto di vista della permeabilità le rocce affioranti possono essere raggruppate nelle seguenti categorie:

**Rocce impermeabili:** calcari marnosi, materiali piroclastici minuti o molto compatti o ricchi di matrice argillosa, basalti non fessurati, alluvioni argillose.

Rientra in questa categoria la componente cretacea della Scaglia rossa. Sono impermeabili anche i livelli di tufi e ialoclastiti terziari e le alluvioni fini che provengono dal disfacimento di queste rocce.

Le maggiori estensioni di rocce impermeabili si trovano nei bacini dell'Alpone, del Chiampo e dell'Agno.

**Rocce a permeabilità variabile:** calcari e dolomie compatti non fessurati, basalti a fratturazione minuta o poco fessurati, alluvioni fini compatte, materiali piroclastici. Si tratta in genere delle dolomie del trias superiore, che affiorano nelle alte valli del Chiampo e del Progno D'Ilasi e dei basalti terziari poco fessurati del bacino del Chiampo.

**Rocce permeabili:** alluvioni sabbiose e ghiaiose, materiali di frana e detriti di falda non cementati (permeabilità per porosità); calcari e calcari dolomitici fratturati, calcari carsici, basalti molto fessurati (permeabilità per fessurazione o per solubilità). Si tratta per la maggior parte di rocce appartenenti alle formazioni quaternarie che hanno un grande sviluppo nella pianura, lungo i vari corsi d'acqua e più limitatamente, alla base di ripide pareti calcaree e dolomitiche.

L'abbondanza delle precipitazioni, la predominanza in certe zone di rocce impermeabili (ad es. il bacino dell'Alpone e del Chiampo), il profilo longitudinale molto inclinato (ad es. Progno d'Ilasi con affluenti pure a forte pendenza) sono fattori sfavorevoli in occasione delle piene di alcuni torrenti. Tuttavia, nelle basse valli e in condizioni siccitose, incontrando materiali alluvionali molto permeabili, i vari torrenti risultano di frequente privi di deflusso.

Nelle zone montuose a elevata e discreta permeabilità le acque vengono in gran parte assorbite dal suolo e, in parte, danno origine a sorgenti in corrispondenza di orizzonti impermeabili rappresentati da calcari marnosi e vulcaniti.

Tra le varie sorgenti si ricordano: le sorgenti nei dintorni di velo Veronese, quelle tra la Purga di Velo e il M. Campe, le sorgenti della valle Tramigna superiore, di M. Precastio, quelle nei dintorni di Bolca e Vestenanova, della Valle Vicentina a S. di S. Giovanni Ilarione, dei pressi di Priabona, di Cornedo Vicentino e di Alonte (Colli Berici Occidentali), ma anche le sorgenti termali di Caldiero e quelle minerali di Monticello di Lonigo e di Valdagno.

Il settore di pianura riveste maggiore importanza per gli studi in oggetto in quanto, come già evidenziato in precedenza, il tracciato ferroviario in progetto e le opere in sotterraneo ad esso attinenti, per quanto attiene la sola tratta in esame, si svilupperanno esclusivamente al di sopra e all'interno dei depositi alluvionali e fluvio-glaciali della pianura veneta.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 8 di 234</p>

L'origine della pianura veneta risale alla fine dell'era Terziaria quando l'orogenesi Alpina, esauriti i principali fenomeni intensi, ha continuato la fase di sollevamento dei rilievi montuosi e lo sprofondamento dell'avampaese pedemontano.

Con l'inizio del Quaternario, quando la zona alpina e parte della fossa padana erano completamente emerse, iniziò il riempimento della vasta depressione di avampaese mediante un progressivo accumulo di depositi fluvioglaciali e alluvionali appartenenti ai grandi sistemi fluviali, intervallati da sedimenti derivanti dalle varie fasi di trasgressione marina.

Questa alternanza è stata principalmente guidata dall'avvicinarsi di fasi glaciali ed interglaciali, correlate ai cicli glacio-eustatici planetari che si sono succeduti nel corso del Pleistocene e dell'Olocene.

La pianura alluvionale così originatasi è stata costantemente modellata dalle continue variazioni di percorso dei corsi d'acqua, come testimoniano i numerosi paleovalvei presenti in superficie e in profondità.

In particolare, a valle del loro sbocco montano i fiumi hanno ripetutamente cambiato percorso interessando aree molto ampie fino a coprire migliaia di km<sup>2</sup>. Si sono così formati sistemi sedimentari che in pianta si presentano con una morfologia a ventaglio, cioè ampi e piatti conoidi alluvionali (megaconoidi o megafan alluvionali).

Da tutto ciò esposto, risulta che la pianura veneta rappresenta la conseguenza del graduale riempimento della depressione del basamento Terziario.

I materiali di riempimento sono rappresentati da depositi perlopiù continentali, in gran parte attribuibili al Pleistocene medio-superiore e all'Olocene.

Sotto l'aspetto genetico si tratta di materiali principalmente di origine fluviale, ma anche glaciale e fluvioglaciale in prossimità delle Prealpi e di origine deltizia lungo la linea di costa.

La pianura veneta può essere suddivisa in un bacino occidentale e uno orientale dalla presenza del complesso dei Monti Lessini, Monti Berici e Colli Euganei, nel quale il substrato roccioso viene a giorno riducendo a zero lo spessore delle alluvioni.

I depositi quaternari della pianura veneta occidentale appartengono in gran parte alla conoide fluviale atesina originata dal fiume Adige e in minor misura dai suoi corsi d'acqua tributari, che hanno avuto una storia idrologica molto simile tra loro e che hanno conseguentemente prodotto simili processi di trasporto solido e sedimentazione dei materiali alluvionali che formano il materasso quaternario della pianura.

Il principale accrescimento delle grandi conoidi alluvionali è avvenuto in fasi successive soprattutto in conseguenza dello scioglimento dei ghiacciai, quando il trasporto solido dei fiumi era superiore a quello attuale.

I corsi d'acqua depositavano, allo sbocco in pianura, il loro trasporto solido, proveniente soprattutto dalla distruzione degli apparati morenici, per riduzione della loro capacità di trasporto.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 9 di 234

Nella pianura veneta i tratti di pianura costruiti dai vari fiumi sono morfologicamente ben distinguibili fino all'attuale linea di costa.

Ogni corso d'acqua ha originato una serie di conoidi sovrapposti tra loro e lateralmente compenetrati con i conoidi degli altri fiumi.

Alla conoide principale atesina, si interdigitano le conoidi deposte dai corsi d'acqua minori che, nel tratto oggetto di studio, sono rappresentate dalle strutture depositate dai Torrenti Fibbio, Alpone, D'Illasi e Guà-Chiampo.

Le conoidi ghiaiose di ciascun corso d'acqua si sono spinte verso valle per distanze diverse, condizionate dalle differenti caratteristiche idrauliche e di regime dei rispettivi fiumi.

Le conoidi, interamente ghiaiose all'apice, procedendo verso valle, si sono arricchite sempre più di frazioni limoso argillose, dando origine a "megafan", fino ad interdigitarsi con i depositi marini della bassa pianura; questi ultimi sono il frutto di trasgressioni e regressioni marine succedutesi nel tempo. Il sottosuolo della pianura veneta di ognuno dei due bacini può a sua volta essere suddiviso in tre zone che si succedono da monte verso valle nel seguente ordine: alta pianura, media pianura e bassa pianura.

#### **Alta pianura**

È formata da una serie di conoidi alluvionali prevalentemente ghiaiose, almeno nei primi 300 metri di spessore, interdigitate e parzialmente sovrapposte tra loro, che si estendono verso sud per una larghezza variabile dai 5 ai 15 km dalle Prealpi sino alla zona di media pianura.

Entro questi materiali si trovano percentuali di ghiaie dell'ordine del 10-30% e un'abbondante frazione di materiali grossolani. In alcune aree possono essere incontrati anche livelli ghiaiosi più o meno cementati.

I depositi ghiaiosi hanno continuità laterale in senso E-O, ciò in relazione al continuo mutamento degli alvei fluviali che hanno distribuito su di una vasta area i loro sedimenti.

#### **Media pianura**

È costituita da materiali progressivamente più fini rispetto all'alta pianura, costituiti da ghiaie e sabbie con digitazioni limose e argillose le quali diventano sempre più frequenti da monte a valle; è situata a S-SE della fascia di Alta Pianura e possiede una larghezza variabile dai 5 ai 10 km.

Nella sua porzione più meridionale si registra un progressivo e rapido esaurimento degli strati ghiaiosi meno profondi che vengono sostituiti da materiali fini. Solo alcuni orizzonti ghiaiosi più profondi (oltre i 300 m) tendono a persistere anche nella bassa pianura, come testimoniano alcune informazioni stratigrafiche relative al bacino orientale.

#### **Bassa pianura**

Questa zona, posta a S-SE della media pianura, ha una larghezza di decine di km e si spinge fino alla costa adriatica e fino al fiume Po a Sud.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 10 di 234

Il sottosuolo è costituito da un'alternanza di materiali a granulometria fine (limi, argille e frazioni intermedie) con sabbie a variabile percentuale di materiali più fini (sabbie limose, sabbie debolmente limose, limi sabbiosi, ecc.).

Gli spessori aumentano da NE a SW, dalle Prealpi verso il mare Adriatico, con un massimo posto all'incirca al di sotto dell'area di Castelfranco Veneto. In area costiera gli spessori dei materiali incoerenti si aggirano intorno a 1.000 metri.

A SE degli Euganei, in direzione del delta del Po lo spessore dei materiali plio-quadernari aumenta fino a superare i 3.000 metri.

### 3.1 LA STRUTTURA E LE UNITA' IDROGEOLOGICHE DELLA PIANURA VENETA

Le caratteristiche strutturali del materasso alluvionale, descritte precedentemente, condizionano fortemente la situazione idrogeologica della pianura veronese e vicentina a ridosso dei Colli Berici. È sempre possibile individuare, da monte a valle nei settori di alta, media e bassa pianura, strutture idrogeologiche distinte tra loro, ma strettamente collegate.

Le alluvioni, nella parte più prossima ai rilievi prealpini (alta pianura) sono costituite da materiali a granulometria prevalentemente grossolana e sono la sede di un acquifero freatico indifferenziato; nella parte più distante dai rilievi, le alluvioni ghiaiose sono intercalate da sedimenti impermeabili che separano acquiferi confinati differenziati.

La media pianura inizia quando le intercalazioni argillose separano con una certa continuità gli acquiferi ghiaioso-sabbiosi confinati e finisce quando gli acquiferi confinati passano da ghiaiosi a sabbiosi, procedendo verso SE.

Da quanto sopra riportato la pianura in oggetto può essere suddivisa nelle tre fasce, con andamento SW-NE, circa parallele tra loro che delimitano alta, media e bassa pianura, utilizzando il limite superiore delle risorgive come delimitazione tra alta e media pianura, e il limite tra acquiferi a componente prevalentemente ghiaiosa e acquiferi a componente prevalentemente sabbiosa, come passaggio tra la media e la bassa pianura.

Come evidenziato dagli studi eseguiti per il Progetto SAMPAS (2000-2006), relativamente alle caratteristiche idrogeologiche dell'alta pianura veneta, sono stati individuati una serie di assi di drenaggio (direttrici sotterranee determinate da paleolvaei o da forme sepolte e tratti d'alveo drenanti la falda), ad andamento prevalentemente N-S.

Nell'alta pianura gli elementi di ricarica delle acque sotterranee sono forniti dalle acque provenienti dalle aree montuose, dalle valli montane e dalle dispersioni dei corsi d'acqua, oltre ovviamente agli afflussi provenienti dalle precipitazioni e dalle pratiche irrigue.

Le uscite dal bacino invece, sono rappresentate dalle risorgive e dall'infiltrazione profonda nel complesso sistema di acquiferi differenziati. Questo sistema di input-output è delimitato lateralmente

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 11 di 234

da assi di drenaggio che “catturano” l’acqua presente nel bacino, tramite direttrici sotterranee obbligate.

Il modello concettuale per l’alta pianura prevede quindi la suddivisione dei vari bacini idrogeologici mediante limiti a carico dipendente dal flusso per la porzione settentrionale e meridionale e limiti a flusso imposto per quanto concerne i confini laterali tra bacini contigui.

Per quanto riguarda invece la media pianura è stato utilizzato il limite superiore delle risorgive come delimitazione con l’alta pianura ed il limite tra acquiferi a componente prevalentemente ghiaiosa e acquiferi a componente prevalentemente sabbiosa, come passaggio con la bassa pianura.

I limiti laterali tra bacini di media pianura confinanti sono stati scelti coincidenti ai tratti drenanti dei corsi d’acqua, trattandosi di limiti a flusso imposto, analogamente al criterio scelto per l’alta pianura, utilizzando però limiti idrografici e non idrogeologici ed idrodinamici.

L’unica eccezione riguarda il bacino idrogeologico denominato “Media Pianura Veronese”, il cui limite occidentale è il confine regionale con la Lombardia, mentre il limite orientale è stato individuato nel torrente Tramigna, il quale costituisce un asse di drenaggio idrico sotterraneo, che separa l’area veronese dal sistema acquifero delle valli dell’Alpone, del Chiampo e dell’Agno-Guà.

Nella bassa pianura non sono ancora stati individuati dei limiti al contorno, in quanto l’idrogeologia di questa porzione di pianura non permette di tracciare limiti idrogeologici ben definiti.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 12 di 234

### 3.2 LA STRUTTURA E LE UNITA' IDROGEOLOGICHE DELLA PIANURA VERONESE

Tramite l'impostazione precedentemente introdotta, nel settore di pianura veronese possono essere individuati 4 bacini Idrogeologici (Figura 2) rappresentati da:

- bacino dell'Alta Pianura Veronese (1 - VRA);
- bacino della Media Pianura Veronese (11 - MPVR);
- bacino dell'Alpone-Chiampo-Agno (2 - ACA);
- acquifero differenziato della bassa pianura veneta (19 - BPV)
- Bacino idrogeologico dell'Alta Pianura Veronese (1 - VRA)

Rappresenta una porzione dell'alta pianura che si estende dalle colline moreniche dell'anfiteatro del Garda a Ovest, fino al bacino del torrente Alpone a Est, in corrispondenza dell'asse di drenaggio coincidente col corso del torrente Tramigna, per un'estensione nord-sud che inizia dalle dorsali occidentali dei Monti Lessini fino al limite superiore della fascia delle risorgive.

L'alta pianura veronese appare solcata da una fitta rete di paleoalvei disposti con andamento prevalentemente N-S o leggermente NW-SE e costituisce la parte più elevata della vasta conoide fluvioglaciale pleistocenica atesina, entro la cui porzione settentrionale, a ridosso del rilievo prealpino lessineo, si apre l'ampia vallata tardoglaciale-olocenica percorsa dall'attuale corso dell'Adige, profondamente scavata e delimitata da netti orli di terrazzo. Questi antichi paleoalvei fluvioglaciali risultano pertanto sospesi sul piano alluvionale olocenico dell'Adige.

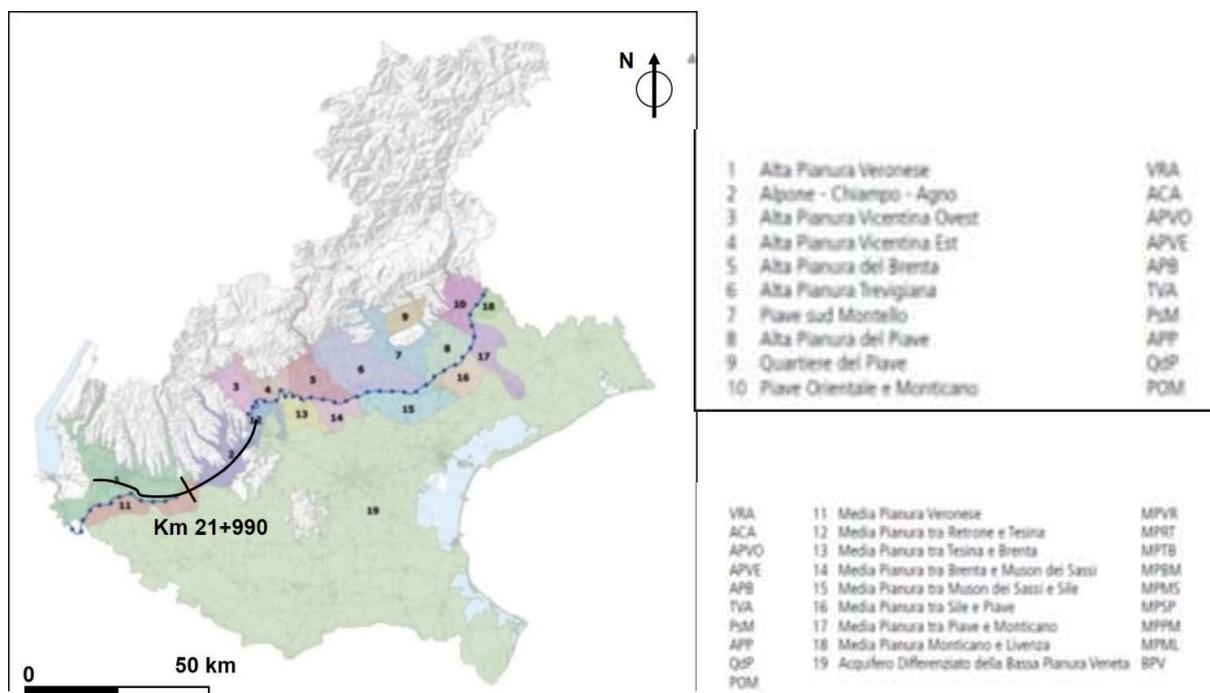


Figura 2 - Bacini idrogeologici della pianura veneta con sovrapposizione del tracciato.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 13 di 234

Il sottosuolo dell'Alta Pianura Veronese è costituito prevalentemente da materiali sciolti a granulometria grossolana, ghiaioso-sabbiosi, di origine fluvioglaciale e fluviale, depositati dal fiume Adige e dai corsi d'acqua provenienti dalle valli dei Monti Lessini (Torrente Tasso, Progno di Fumane, Progno di Negrar, Progno di Valpantena, Progno Squaranto-Torrente Fibbio, Progno di Mezzane, Progno D'Illassi, Torrente Tramigna), tali da costituire grosse conoidi sovrapposte con spessori che raggiungono i 200 metri.

In questo materasso ghiaioso con permeabilità media molto elevata, è contenuta una potente falda freatica, con livello statico estremamente variabile, da decine di metri sino a subaffiorante in corrispondenza del limite superiore della fascia delle risorgive.

Il sottosuolo non risulta prevalentemente costituito da terreni ghiaioso-sabbiosi, ma sono individuabili livelli limoso-argillosi, anche dello spessore di alcuni metri, intercalati in profondità alle alluvioni grossolane.

Questi livelli a minor permeabilità assumono notevole importanza nel settore delle risorgive, consentendo nel sottosuolo la differenziazione tipica del sistema multifalde in pressione e l'emergenza delle risorgive.

La portata media complessiva dei fontanili veronesi è di 11-12 m<sup>3</sup>/s.

Nella porzione orientale dell'Alta Pianura Veronese, interessata dal tracciato in progetto, il limite dei fontanili non è chiaramente individuabile in quanto le risorgive, ove avviene l'affioramento della falda freatica, sono disposte in modo irregolare in ragione delle variazioni altimetriche del territorio.

L'intero sistema idrogeologico è alimentato principalmente dalle dispersioni del tratto montano del fiume Adige (decine di m<sup>3</sup>/s), dalle precipitazioni (media annua di 3-4 m<sup>3</sup>/s), dalle dispersioni dei corsi d'acqua provenienti dalle valli dei Lessini e infine dalle infiltrazioni provenienti dalle pratiche irrigue (circa 1 m<sup>3</sup>/s).

La direzione media del deflusso idrico sotterraneo è NNW-SSE, mentre il regime della falda è differenziato tra le aree soggette a irrigazione, contraddistinte da una sola fase di piena coincidente col periodo ricadente tra la fine dell'estate e l'inizio dell'autunno e da una sola fase di magra tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera (comportamento analogo a quello del fiume Adige) e le aree sottostanti il margine collinare che sono invece contraddistinte da un regime maggiormente correlato agli afflussi meteorici e alle conseguenti piene dei corsi d'acqua, a regime torrentizio, che scendono dai Lessini.

L'oscillazione della falda freatica nell'arco di un anno idrogeologico raggiunge massimi di circa 5 metri nell'alta pianura e nel settore a ridosso del margine collinare e minimi di circa 1 metro in corrispondenza della fascia delle risorgive.

I dati idrogeochimici disponibili indicano per tutte le acque analizzate una facies idrochimica predominante bicarbonatica calcico-magnesiaca.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 14 di 234

In dati ricavati da stratigrafie AGIP e indagini sismiche evidenziano che lo spessore complessivo del materasso alluvionale varia da un minimo di un centinaio di metri fino ad un massimo di circa 900 m (pozzo Villafranca 1).

Al di sotto di questo orizzonte compaiono sabbie ed argille, tali da determinare una successione di acquiferi confinati. A una profondità media di 900 metri si incontra un substrato marnoso miocenico.

### **Bacino idrogeologico Alpone-Chiampo-Agno (2 - ACA)**

L'area in questione è compresa tra i Monti Lessini Orientali a Nord, il bacino del torrente Alpone a Ovest, il sistema idrico "Livergone-Giara-Orolo" a Est e il limite idrogeologico del passaggio dal complesso acquifero monostrato al sistema multifalde di media e bassa pianura a sud.

Il limite occidentale, rappresentato dal torrente Tramigna, costituisce un asse di drenaggio idrico sotterraneo, che separa l'area dell'Alta Pianura Veronese dal sistema acquifero delle Valli dell'Alpone, del Chiampo e dell'Agno-Guà.

Inoltre, la delimitazione assume anche carattere puramente geologico, in quanto l'area orientale del massiccio dei Lessini si differenzia fortemente per quanto riguarda le caratteristiche geologiche dalle restanti zone dei Lessini.

Si ha difatti il passaggio da formazioni carbonatiche mesozoiche e terziarie (caratterizzate da fenomeni carsici ben sviluppati) a un complesso vulcanico costituito principalmente da vulcaniti basaltiche Oligoceniche-Eoceniche (basalti di colata, filoni basaltici, brecce basaltiche).

In vaste porzioni del versante occidentale della Valle dell'Agno-Guà sono presenti potenti coltri d'alterazione di matrice argillosa, spesso interdigitale ai depositi alluvionali.

La permeabilità del sistema vulcanico è generalmente molto bassa, a differenza delle rocce carbonatiche del settore occidentale dei Lessini, tale da limitare notevolmente la circolazione idrica sotterranea, con conseguente incremento del ruscellamento superficiale.

Conseguenza di queste caratteristiche idrogeologiche è la scarsità di sorgenti con portate rilevanti, se si esclude quella di Montecchia di Crosara (70 l/s).

In sinistra idrografica dell'Agno-Guà (Castelgomberto-Montecchio Maggiore), alle rocce eruttive si sostituiscono calcari marnosi oligocenici (Calcareniti di Castelgomberto), calcari (Calcari di Spilecco), calcari marnosi e marne paleoceniche-eoceniche (Marne di Priabona), con locali intercalazioni di lave.

Il limite orientale assume invece caratteristiche puramente idrografiche, in quanto al sistema idrico "Livergone-Giara-Orolo" sono recapitate le acque di ruscellamento dei torrenti presenti nella porzione più orientale dei Lessini (torrente Refosco, torrente Rana, ecc.).

Il sottosuolo è costituito dalle alluvioni fluviali e fluvioglaciali trasportate lungo le principali valli dopo la glaciazione wurmiana che si sono anastomizzate tra loro allo sbocco in pianura.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 15 di 234

La conoide del torrente Chiampo, che si eleva di circa 7-8 m sulle alluvioni dell'Agno è stata erosa e terrazzata dalle acque di quest'ultimo corso d'acqua.

I sedimenti dell'originaria conoide del Chiampo risultano maggiormente classati e grossolani di quelli della conoide dell'Agno-Guà, costituita da materiali ghiaiosi con frequenti intercalazioni limose argillose.

Nei depositi alluvionali della porzione settentrionale ha sede un'importante falda freatica, utilizzata dagli acquedotti comunali e rilevante serbatoio di ricarica per le falde in pressione della media e bassa pianura (Almisano-Lonigo), dove attingono i grossi acquedotti consortili.

Nel settore vallivo la falda freatica è posizionata a profondità massime di 25 m dal piano campagna ed è ospitata in terreni prevalentemente ghiaiosi.

Falde di tipo confinato cominciano ad avere una discreta potenzialità nella parte meridionale del comune di Montorso e in quella settentrionale di Montebello Vicentino, ove inizia la differenziazione del sistema monofalda in uno a falde sovrapposte e compartimentate.

L'alimentazione dell'acquifero indifferenziato è assicurata principalmente dalle dispersioni d'alveo che si verificano a Nord (con dispersioni valutate in circa 60-100 l/s per km per i T. Agno-Guà e Chiampo), dalle precipitazioni dirette, dall'irrigazione, dal ruscellamento di versante e dalle dispersioni dei corsi d'acqua minori afferenti alla valle principale.

Le oscillazioni della falda freatica raggiungono valori massimi anche di circa 7-8 metri nel settore vallivo e si riducono a circa 4-5 m allo sbocco in pianura.

Il deflusso idrico sotterraneo generale scende verso valle con direzione media NW-SE, per poi dirigersi in senso NE-SW tra Montebello Vicentino e Monteforte Alpone e quindi approssimativamente N-S allo sbocco nella pianura veneta.

In questo bacino l'emergenza delle superficie freatica nel passaggio tra alta e media pianura è talmente frammentaria, che nell'area non sono presenti fontanili di particolare interesse e per tale motivo non è stato possibile individuare un'unità di media pianura posto a valle del presente bacino.

I dati idrogeochimici disponibili indicano per tutte le acque analizzate una facies idrochimica bicarbonatica calcica leggermente magnesiaca.

### **Bacino idrogeologico della Media Pianura Veronese (11 - MPVR)**

La media pianura veronese è limitata a Ovest dal confine regionale con la Lombardia, mentre a Est dal limite orientale del bacino idrogeologico di alta pianura denominato "Alpone-Chiampo-Agno", coincidente col torrente Tramigna, il quale costituisce un asse di drenaggio idrico sotterraneo, che separa l'area Veronese dal sistema acquifero delle Valli dell'Alpone, del Chiampo e dell'Agno-Guà. Come già descritto in precedenza, in questo bacino l'emergenza delle superficie freatica è talmente frammentaria, che nell'area non sono presenti fontanili di particolare interesse.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 16 di 234

Per questo motivo è risultato impossibile individuare un bacino idrogeologico di media pianura a valle dell'Alpone-Chiampo-Agno".

Nell'area della media pianura veronese invece, sono presenti numerosi fontanili (circa 150), originatesi sia per sbarramento (con emergenza dell'acqua legata alle variazioni di permeabilità in senso orizzontale instauratesi tra l'alta e la media pianura) sia per affioramento (con emergenza dell'acqua determinata dall'intersecarsi tra la superficie freatica e quella topografica).

Nella pianura veronese le risorgive si sviluppano all'interno di una fascia di territorio larga fino a 6-8 km ("fascia dei fontanili veronesi"), che si estende per circa 30 km dalle colline moreniche del Garda fino al torrente Tramigna.

Nella porzione occidentale il fenomeno delle risorgive avviene prevalentemente per sbarramento, verso est invece iniziano a svilupparsi le risorgive di affioramento alla base del terrazzo fluviale dell'Adige (San Giovanni Lupatoto).

Dal fitto sistema di risorgive trovano origine importanti corsi d'acqua (Tione, Tartaro, Menago, Bussè), che caratterizzano in maniera decisa l'idrologia della bassa pianura veneta.

Come già citato, diversamente dal settore occidentale, la porzione orientale dell'Alta Pianura Veronese non è caratterizzata dall'emergenza delle risorgive, in quanto l'affioramento della superficie freatica avviene in maniera disomogenea, e di conseguenza il limite dei fontanili non è chiaramente individuabile.

In tale fascia di pianura prosegue il tracciato dei paleoalvei e delle paleovalli pleistoceniche atesine rilevate più a monte, nell'alta pianura, i quali, anche in tale settore, sono piuttosto incassati e appaiono limitati da sponde sabbiose con scarpata relativamente continua.

Tipici nel veronese sono i paleoalvei o paleovalli oggi solcati dal Tione, Tartaro, Menago e Bussè. La loro direzione mostra un andamento NW-SE.

Accanto a tali morfologie principali si notano tratti di paleoalvei con varia direzione meno incisi o a livello del terreno circostante, relativi a braccia fluviali ancor più antichi della conoide atesina, sospesi sulle vallate principali.

Il sistema differenziato si origina al passaggio tra l'alta e la media pianura a causa delle intercalazioni limoso-argillose che, assumendo una disposizione maggiormente omogenea e continua, suddividono l'acquifero ghiaioso in una serie di acquiferi confinati.

In questo sistema di acquiferi in pressione, la falda maggiormente superficiale risulta di tipo freatico, mentre quelle sottostanti risultano a carattere semi-confinato o confinato.

Nell'area la superficie freatica oscilla tra i 4 ed i 6 metri dal piano campagna nella porzione settentrionale e tra 1 e 1,5 metri dal piano campagna nella porzione meridionale.

Gli acquiferi confinati invece contengono una serie di falde sovrapposte in pressione, protette in senso verticale dagli orizzonti limoso-argillosi poco permeabili, ma maggiormente vulnerabili lungo

la direzione di scorrimento idrico sotterraneo, soprattutto quelle più superficiali, a causa della stretta dipendenza a monte idrogeologico col la falda freatica del sistema indifferenziato di alta pianura.

Nel sottosuolo della media pianura veronese, fino alla profondità di 150 metri dal piano campagna (p.c.) è possibile identificare 5 acquiferi, il cui contenuto in ghiaia diminuisce (con conseguente aumento della matrice sabbiosa) avvicinandosi alla bassa pianura, con un aumento del grado di artesianità con l'aumento della profondità. Non sono rari esempi di falde di tipo artesiano s.s., vale a dire contraddistinte da una salienza al di sopra del piano campagna.

In base ai dati AGIP i materiali sciolti della media e bassa pianura, che rappresentano gli acquiferi e gli acquicludi/acquitardi, presentano spessori ancora più rilevanti. Nel settore veronese, soprattutto verso il mantovano, gli spessori superano i 2.500 metri.

Per quel che riguarda la qualità delle acque sotterranee negli acquiferi dei primi 300 metri, alcune analisi effettuate su falde confinate della media pianura, hanno segnalato un tendenziale peggioramento delle caratteristiche qualitative con l'aumento della profondità, in particolare connesso a una diminuzione dell'ossigeno disciolto e del potenziale redox, accompagnata a un aumento del residuo fisso, del contenuto in ferro, manganese, arsenico ed ammoniaca.

Questa situazione è connessa anche alle ridotte velocità di flusso di queste falde confinate. È inoltre possibile evidenziare con l'aumento della profondità la comparsa di acque salmastre e salate.

La tipica struttura idrogeologica di conoide differenziata tra i settori di alta, media e bassa pianura è mostrata nella Figura 3.

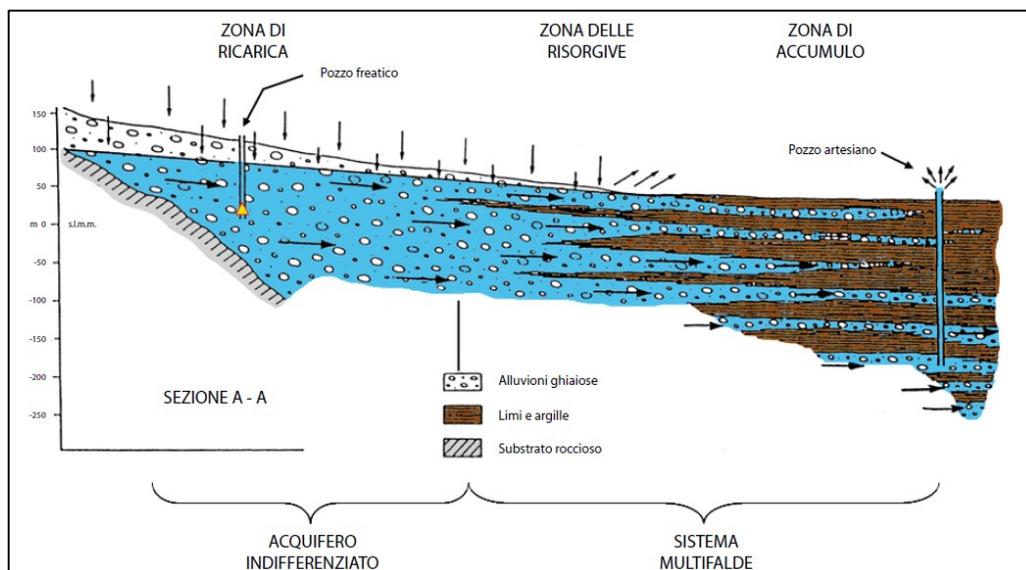


Figura 3 - Schema idrogeologico dell'alta e medio-bassa pianura veneta (A. Dal Prà, 1971).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 18 di 234

### 3.2.1 LA RICARICA DEGLI ACQUIFERI

L'alimentazione del complesso sistema idrogeologico presente entro i 300-400 metri di profondità, avviene in corrispondenza dell'alta pianura, nell'acquifero indifferenziato, in cui la falda è libera e la tavola d'acqua si trova in diretta comunicazione con la superficie.

I principali fattori di ricarica di questo sistema idrogeologico possono essere individuati nella dispersione dei corsi d'acqua, nelle precipitazioni, nell'irrigazione e negli afflussi sotterranei provenienti dagli acquiferi fessurati presenti nei rilievi prealpini.

L'ordine di importanza di questi fattori è variabile da zona a zona. In ogni caso la dispersione in alveo dei principali corsi d'acqua avviene al loro sbocco in pianura fino a qualche chilometro a valle.

Immediatamente a valle del tratto disperdente, gli stessi fiumi sono alimentati da un flusso perenne di risorgive idriche ubicate entro e nell'intorno degli alvei stessi e subentra pertanto un'inversione dei rapporti tra acque superficiali e sotterranee, in quanto si passa da un'azione alimentante a una di drenaggio nei confronti della falda freatica.

Gli acquiferi ghiaiosi confinati della media pianura sono idraulicamente connessi, verso monte, al sistema indifferenziato da cui ricevono l'alimentazione.

Gli acquiferi confinati della bassa pianura, a prevalente matrice sabbiosa, sono a loro volta alimentati dalle falde della media pianura contenute in acquiferi ghiaiosi ai quali sono idraulicamente connessi.

### 3.2.2 MORFOLOGIA PIEZOMETRICA E DIREZIONE DEL FLUSSO IDRICO SOTTERRANEO

Per poter effettuare alcune valutazioni in merito alla morfologia della superficie piezometrica e alle principali direzioni del flusso idrico sotterraneo è necessario analizzare alcune elaborazioni effettuate a corredo di studi eseguiti in vari periodi e per differenti scopi, oltre che le elaborazioni derivanti dalle attività di monitoraggio eseguite sulle reti di controllo della Regione Veneto.

Prime indicazioni di larga massima, in quanto derivanti da ricostruzioni effettuate su una rete strutturata su scala regionale, possono essere desunte dalla "Carta delle isofreatiche del Veneto" (2003), riportata in Figura 4, che per la porzione di pianura di interesse evidenzia una direzione principale di flusso grosso modo orientata NW-SE.

Di maggiore dettaglio, ma ancora a scala regionale, sono le indicazioni che possono essere tratte dalle elaborazioni piezometriche riportate nei PTCP della Provincia di Verona, di cui uno stralcio è mostrato in Figura 5.

Questa elaborazione piezometrica permette tuttavia di delineare le seguenti principali caratteristiche piezometriche del settore di studio.

Il flusso idrico sotterraneo nella conoide atesina, sino al suo limite orientale fissato dall'asse di drenaggio del Tramigna, assume una direzione media NW-SE.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 19 di 234

Il gradiente idraulico della falda assume valori pari a circa lo 0.2% all'altezza di Verona Est e di S. Martino Buon Albergo, che aumentano sino allo 0.5% nel tratto immediatamente sottogradiante, per poi decrescere nuovamente a valori intorno allo 0.1% in prossimità del limite del bacino idrogeologico imposto dall'asse di drenaggio del Tramigna.

Le quote piezometriche variano tra circa 45 m s.l.m. presso Verona Est, 38 m s.l.m. all'altezza di San Martino Buon Albergo, 25 m s.l.m. presso Zevio e 21 m s.l.m. a Belfiore.

Nel settore orientale occupato dall'unità idrogeologica Alpone-Chiampo-Agno la falda, seguendo l'andamento della morfologia valliva incassata tra i rilievi dei Lessini e quelli dei Berici, scende con direzione N-S in corrispondenza della conoide dell'Alpone e NE-SW, più verso Est presso Montebello Vicentino.

All'altezza di quest'ultimo abitato il gradiente idraulico assume valori medi dello 0.5% e si decrementa verso San Bonifacio (0.3-0.4%), mentre le quote piezometriche risultano variabili tra circa 40 m s.l.m., presso Montebello Vicentino e 22 m s.l.m. presso San Bonifacio.

In corrispondenza dell'asse di drenaggio del Tramigna il flusso idrico sotterraneo ha direzione N-S con gradiente che si riduce fortemente tra le aree poste in vicinanza del margine collinare (0.3%) e quelle più a valle dove risulta pari a circa 0.04%.

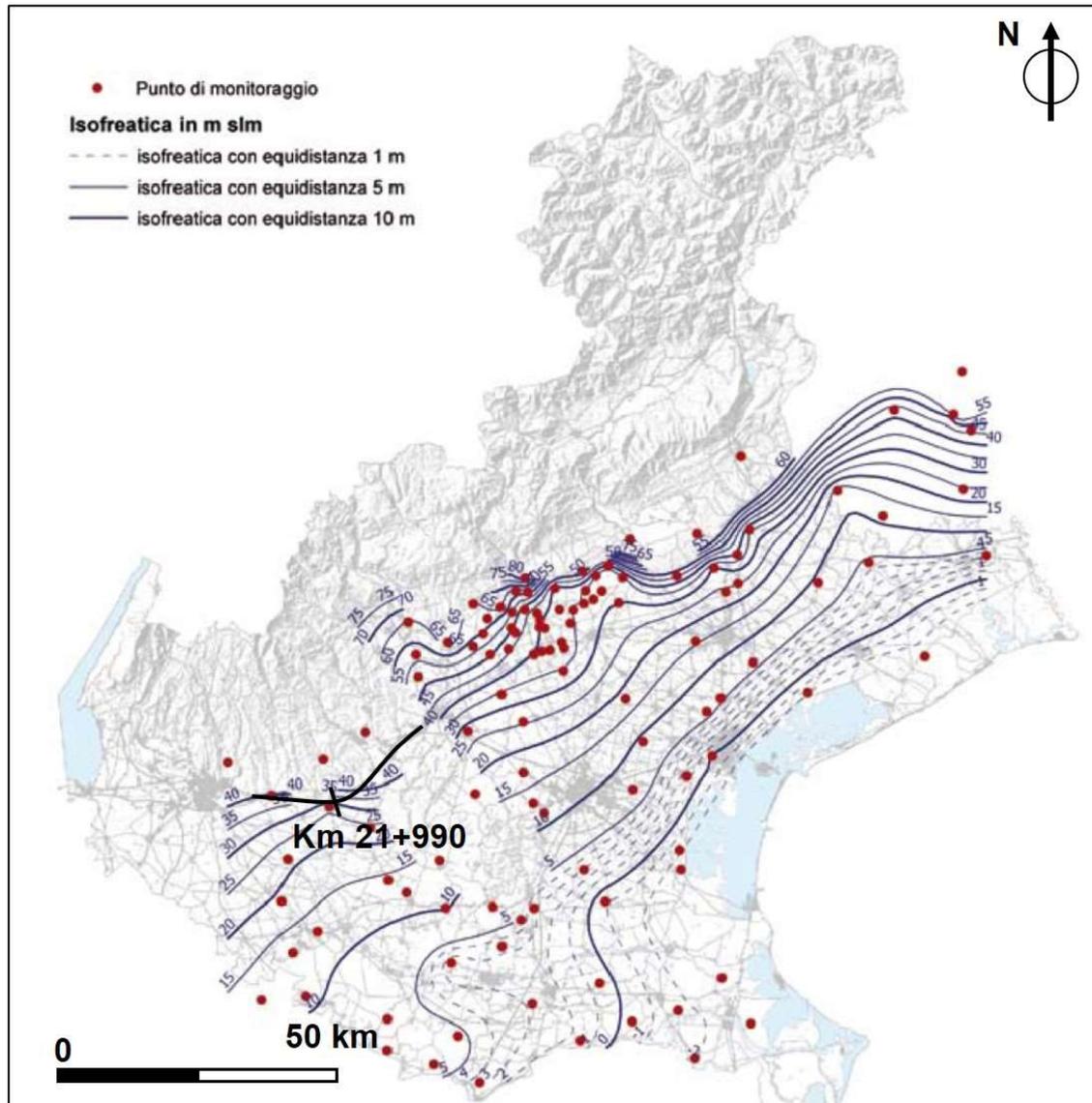


Figura 4 - Carta delle isofreatiche del Veneto (maggio 2003).

Per quanto attiene il settore della conoide principale del F. Adige si può fare riferimento anche alla “Carta delle isofreatiche dell’Alta Pianura Veronese” (Dal Prà, De Rossi P, 1989), riportata in Figura 6 e alla “Carta Idrogeologica dell’Alta Pianura Veronese Orientale” (C.N.R. 1997) mostrata in Figura 7.

Presso il settore interessato dal primo tratto, queste elaborazioni evidenziano caratteristiche piezometriche perlopiù simili tra loro, contraddistinte dalla presenza di un asse di drenaggio con direzione NW-SE all’incirca impostato lungo l’asse del F. Adige, con quote piezometriche e gradienti idraulici sostanzialmente analoghi a quelli descritti in precedenza.

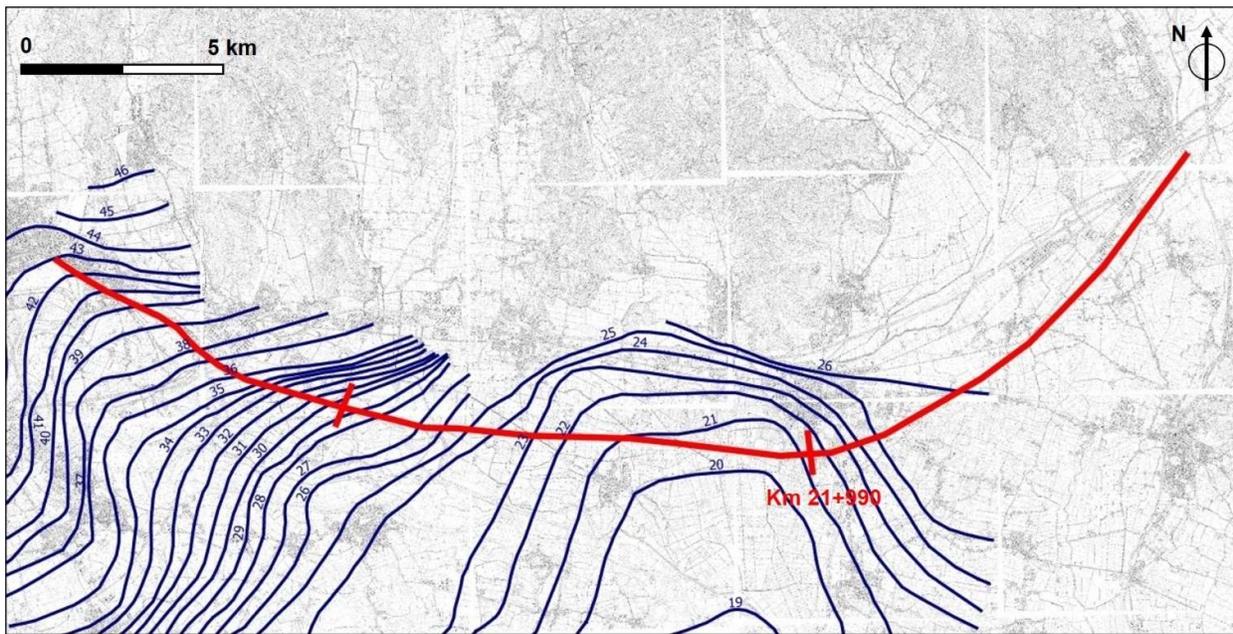
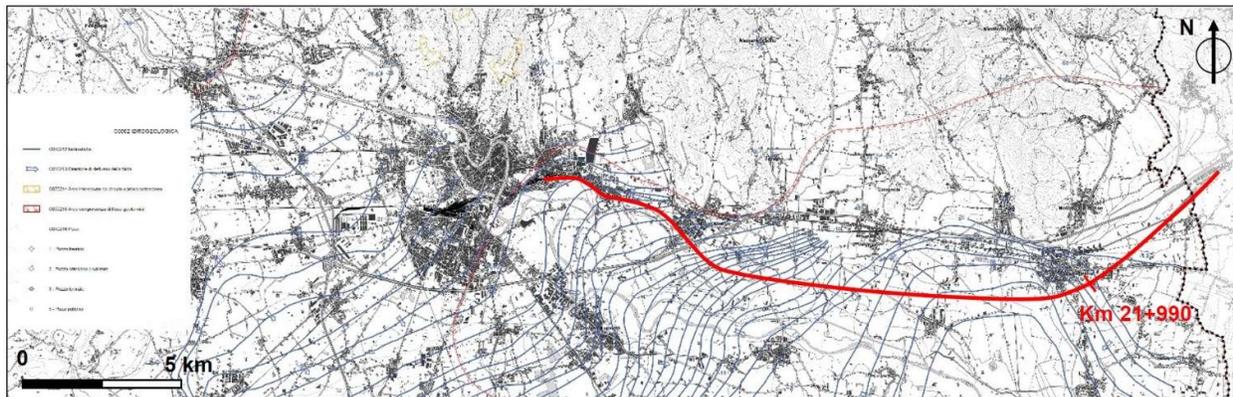


Figura 5 - Carta Piezometrica della pianura veronese (tratto da PTCP della Provincia di Verona) con sovrapposizione del tracciato.

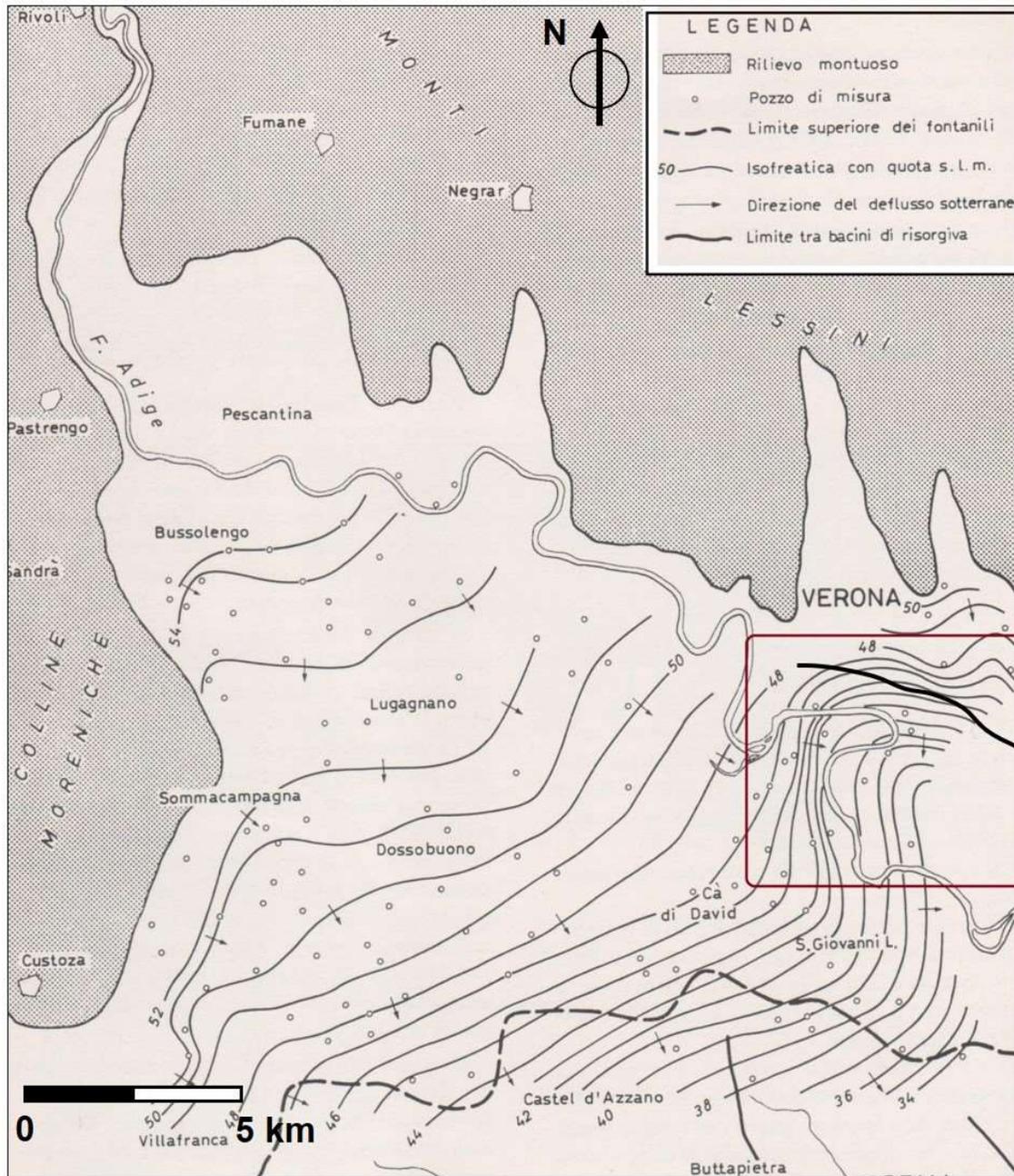


Figura 6 - Carta delle isofreatiche dell'Alta Pianura Veronese (Dal Prà, De Rossi P, 1989) con sovrapposizione del tracciato.

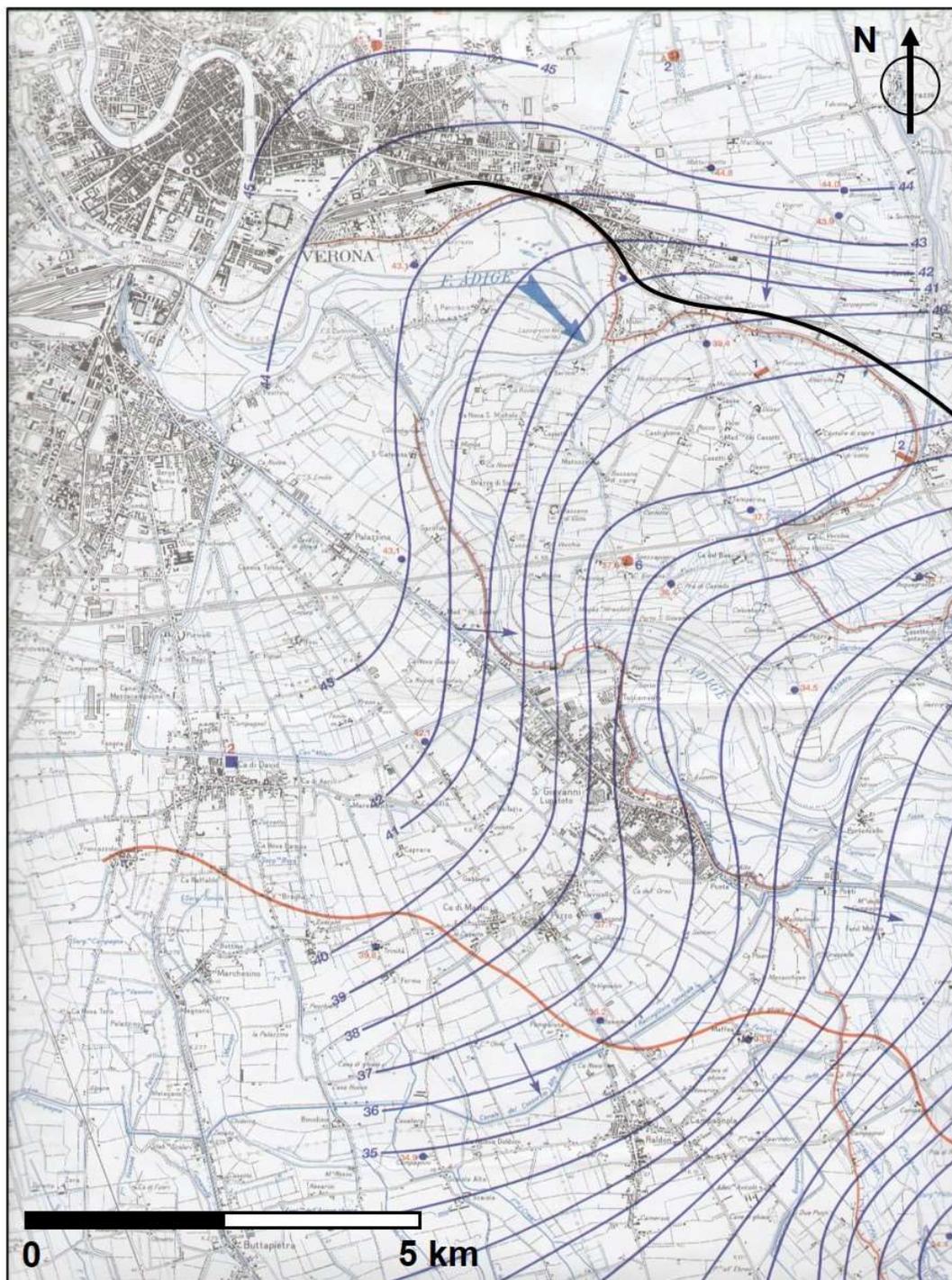


Figura 7 - Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura Veronese Orientale (C.N.R. 1997). La linea rossa a sud di S. Giovanni Lupatoto indica il limite della zona di risorgive.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 24 di 234</p>

Indicazioni di maggior dettaglio possono essere ricavate dalle carte idrogeologiche redatte a corredo dei Piani di Assetto del Territorio (PAT) eseguiti dai vari Comuni.

Uno stralcio della Carta idrogeologica del PAT del Comune di Verona è mostrato in Figura 8.

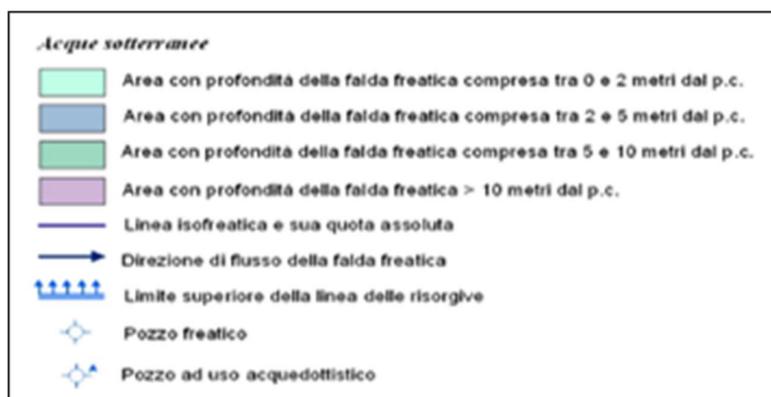
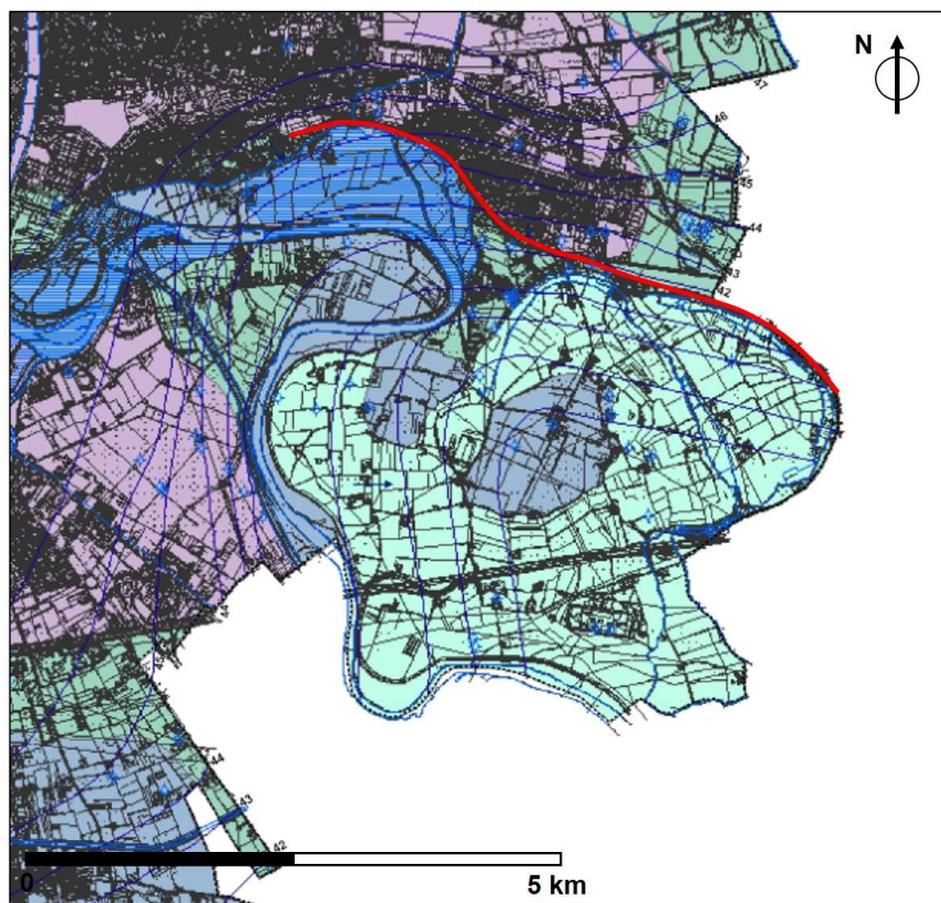


Figura 8 - Stralcio della "Carta Idrogeologica" del PAT di Verona con sovrapposizione del tracciato.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 25 di 234

In essa sono differenziati i settori contraddistinti da diverse classi di soggiacenza che sono strettamente connesse all'andamento morfologico del territorio e più in particolare a quello dei terrazzi alluvionali.

Nel primo tratto, compreso tra la stazione di Verona Porta Vescovo e il quartiere di San Michele Extra, il tracciato ferroviario si sviluppa in corrispondenza di aree con soggiacenza superiore a 10 m, mentre avvicinandosi al confine con il Comune di San Martino Buon Alberto si passa alla classe di soggiacenza compresa tra 5 e 10 m.

Nella cartografia è indicata anche la superficie piezometrica che sostanzialmente presenta caratteristiche che ricalcano quelle già evidenziate nelle precedenti Figure.

In Figura 9 è riportato uno stralcio della carta idrogeologica del Comune di San Martino Buon Albergo, anch'essa suddivisa in classi di soggiacenza.

Per quanto attiene il tratto interessato dal tracciato ferroviario posto al di sopra del terrazzo del fluvioglaciale Wurm sono indicati valori di soggiacenza variabili tra 4 e 8 m, mentre passando al tratto posto al di sopra della piana del Fibbio condizioni di falda affiorante o subaffiorante, con vasti settori soggetti a inondazioni periodiche.

Ulteriori informazioni si possono trarre dal PAT del Comune di San Bonifacio, la cui carta idrogeologica (Figura 10) evidenzia due classi di soggiacenza: una prima, con valori compresi tra 0 e 2 m, posta in corrispondenza delle piane dell'Alpone e dell'Agno-Guà, una seconda con valori compresi tra 2 e 5 m posta in corrispondenza del terrazzo fluvioglaciale wurmiano.

La cartografia riporta anche le linee isofreatiche della falda ricostruite, sulla base di misure eseguite nel 1988 per la redazione della carta idrogeologica del PRG, partendo da valori di soggiacenza trasformati in quota assoluta tramite il modello digitale del terreno.

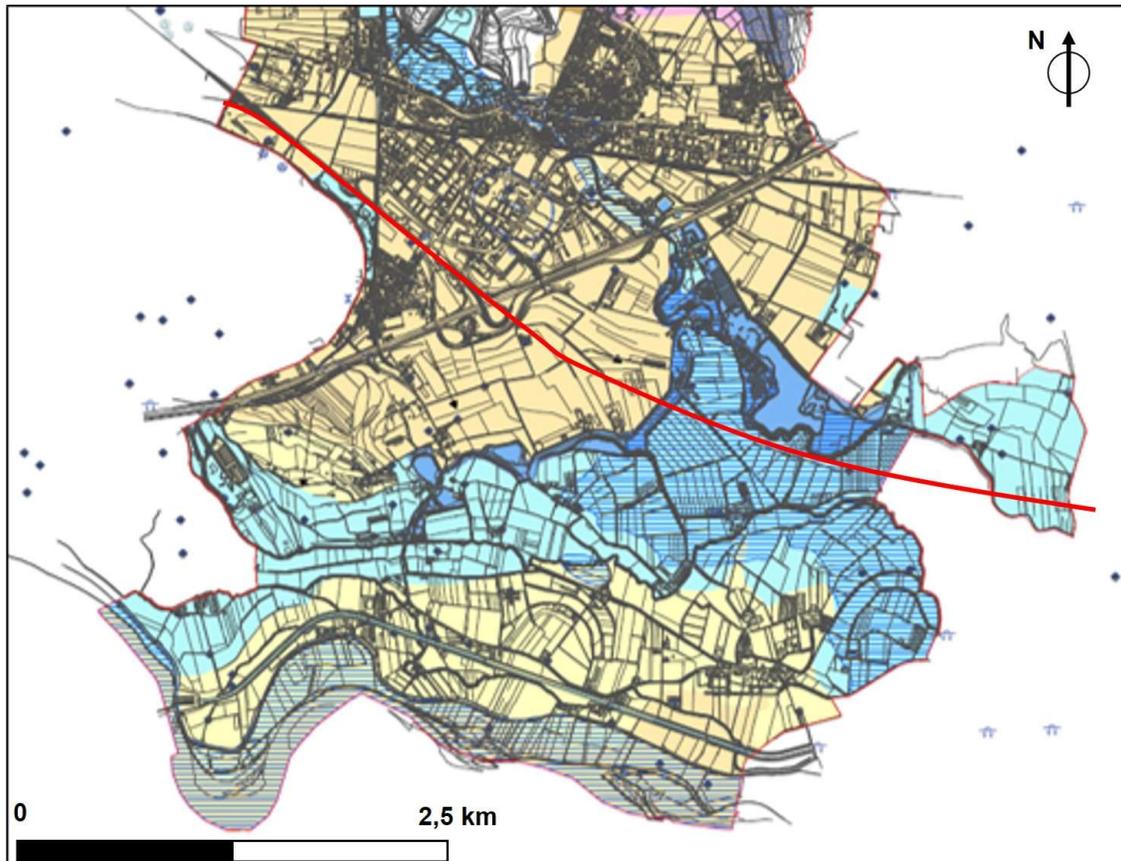


Figura 9 - Stralcio della "Carta Idrogeologica" del PAT di San Martino Buon Albergo con sovrapposizione del tracciato.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 27 di 234

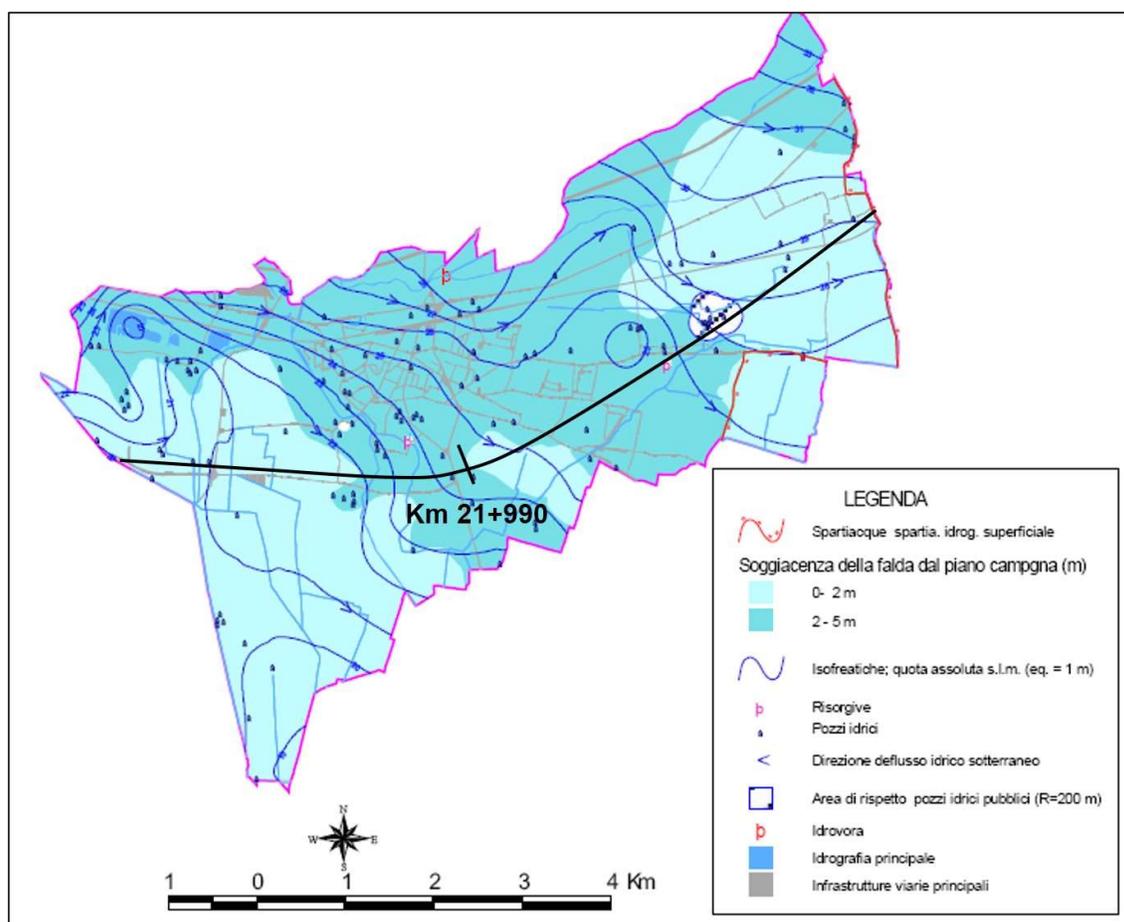


Figura 10 - Stralcio della "Carta Idrogeologica" del PAT di San Bonifacio.

### 3.2.3 LE OSCILLAZIONI DELLA FALDA

Il regime della falda nella porzione occidentale della pianura alluvionale veronese è ben descritto in una pubblicazione di Dal Prà et Al. (1991) nella quale sono riportati dati relativi a misure freaticometriche rilevate a partire dal 1926 in alcuni punti di controllo della rete dell'Ufficio Idrografico del Magistrato delle Acque di Venezia.

Dall'esame di tutti i dati disponibili gli Autori tratteggiano le caratteristiche principali della vasta pianura alluvionale sia da un punto di vista idrogeologico, che dal punto di vista idrodinamico e di interconnessioni fiume-falda.

Nel seguito saranno ripresi i punti salienti dell'argomentazione bibliografica relativamente all'area di studio.

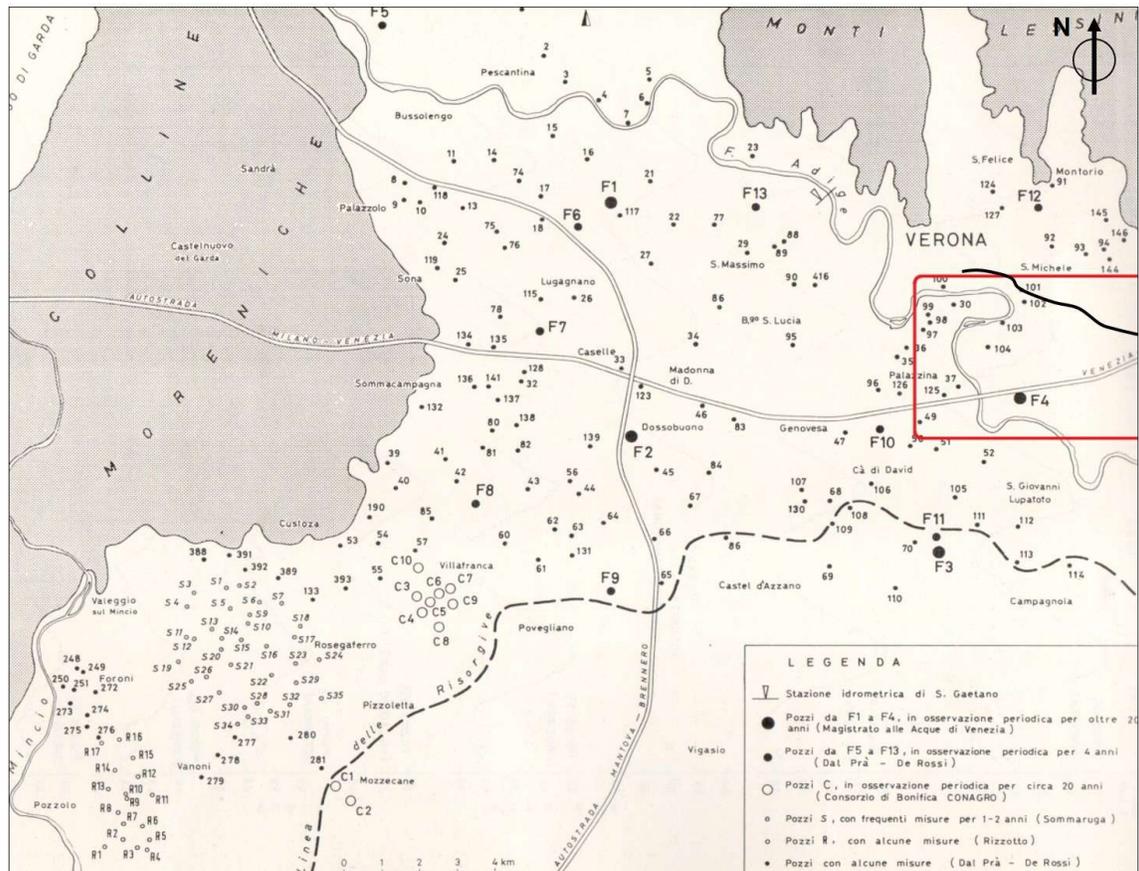


Figura 11 - Ubicazione punti di misura (Dal Prà et Al., 1991) con sovrapposizione del tracciato.

La valutazione di dettaglio del regime della falda è stata effettuata soprattutto con l'elaborazione dei dati freatici relativi ai pozzi osservati per periodi prolungati e con elevata frequenza.

Come evidenziato in Figura 11, per l'area in esame è disponibile la serie continua di misure rilevate nel pozzo F4, mentre altre informazioni, seppur discontinue, possono essere desunte dai pozzi n. 100, 101, 102, 103 e 104 ubicati in località "S. Michele".

Per il confronto tra il regime della falda e quello del Fiume Adige sono stati utilizzati i dati, disponibili fino al 1973, dell'idrometro di S. Gaetano in Verona, acquisiti dall'Ufficio Idrografico del Magistrato delle Acque di Venezia (Figura 12 e Figura 13).

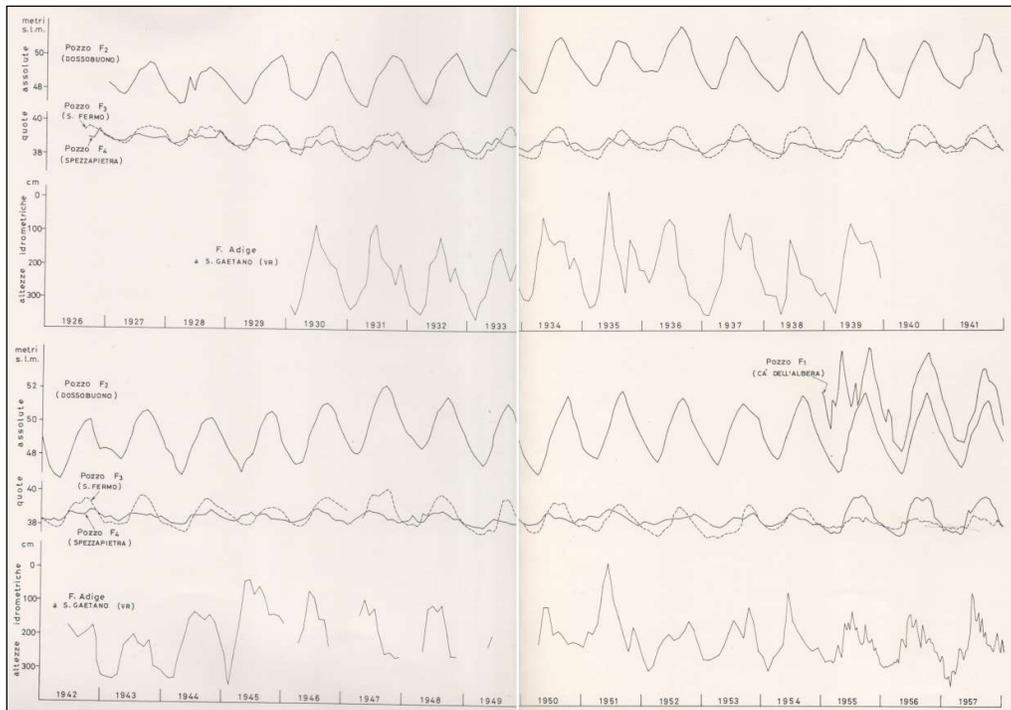


Figura 12 - Diagrammi di oscillazione freatica dei pozzi F2, F3 e F4 e idrometrica del fiume Adige (1926-1957).

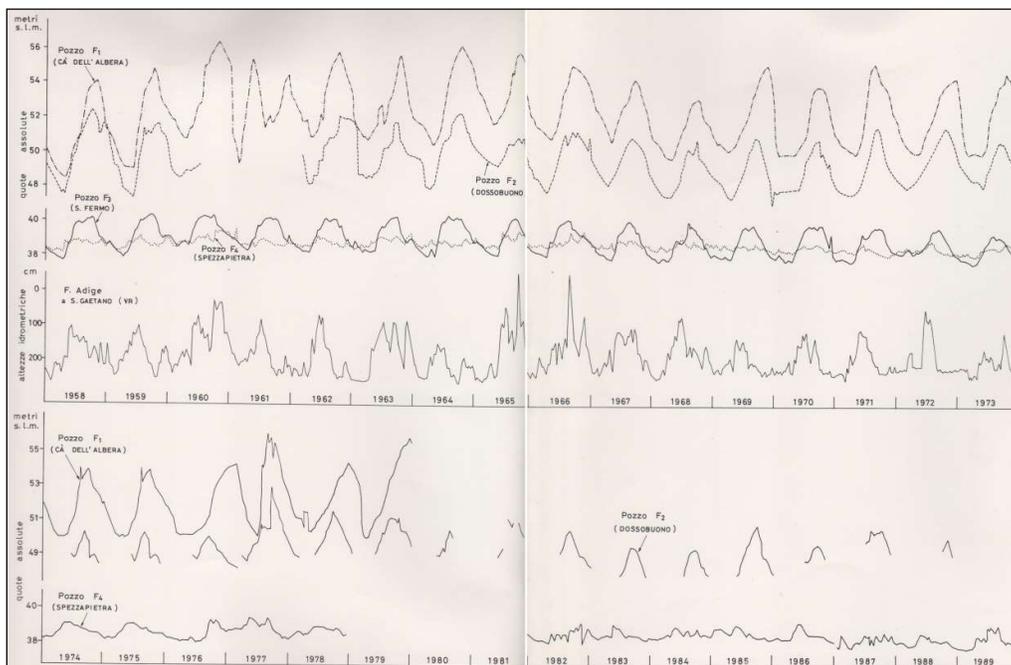


Figura 13 - Diagrammi di oscillazione freatica dei pozzi F2, F3 e F4 e idrometrica del fiume Adige (1958-1973).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 30 di 234

L'analisi delle oscillazioni registrate nel pozzo F4 "Spezzapietra" evidenzia come nell'intero arco di tempo di circa 50 anni, intercorso tra il 1926 e il 1973, la falda si sia all'incirca mantenuta sempre entro 38÷40 m s.l.m..

L'esame delle fluttuazioni consente di constatare che il regime di falda, sebbene più irregolare di quello relativo ad altri pozzi presenti nell'area (pozzi F2 e F3) sia fondamentalmente caratterizzato da un'unica fase di piena e un'unica fase di magra.

L'analisi complessiva delle misure disponibili indica un comportamento molto simile della falda nei differenti punti di osservazione, caratterizzato ovunque da una fase di piena, normalmente posta nel mese di settembre con frequenti anticipi in luglio e ritardi in ottobre e una di magra normalmente posta nel mese di aprile, con frequenti anticipi nel mese di febbraio.

Tale regime, ancor più evidente nei pozzi F2 e F3, è quello tipico delle aree soggette a irrigazione nelle quali l'ampiezza delle escursioni stagionali tende a decrescere da Nord verso Sud e mostra un marcato decremento soprattutto a valle della linea delle risorgive, le quali, agendo da sfioratori della falda, tendono a decapitarne le piene riducendo l'oscillazione stagionale.

Tale fatto è oltremodo evidente anche nel pozzo F4 che, pur essendo ubicato a monte della linea delle risorgive, si situa in un contesto idrogeologico, quello della piana recente del Fiume Adige, nel quale la vicinanza del corso d'acqua, il fitto reticolo irriguo e la presenza di sorgenti di terrazzo agisce in modo del tutto simile ai fontanili riducendo l'escursione stagionale.

Nella Figura 14 sono mostrati i valori dell'escursione massima annua nel periodo 1926-1990 nei pozzi F2, F3 e F4.

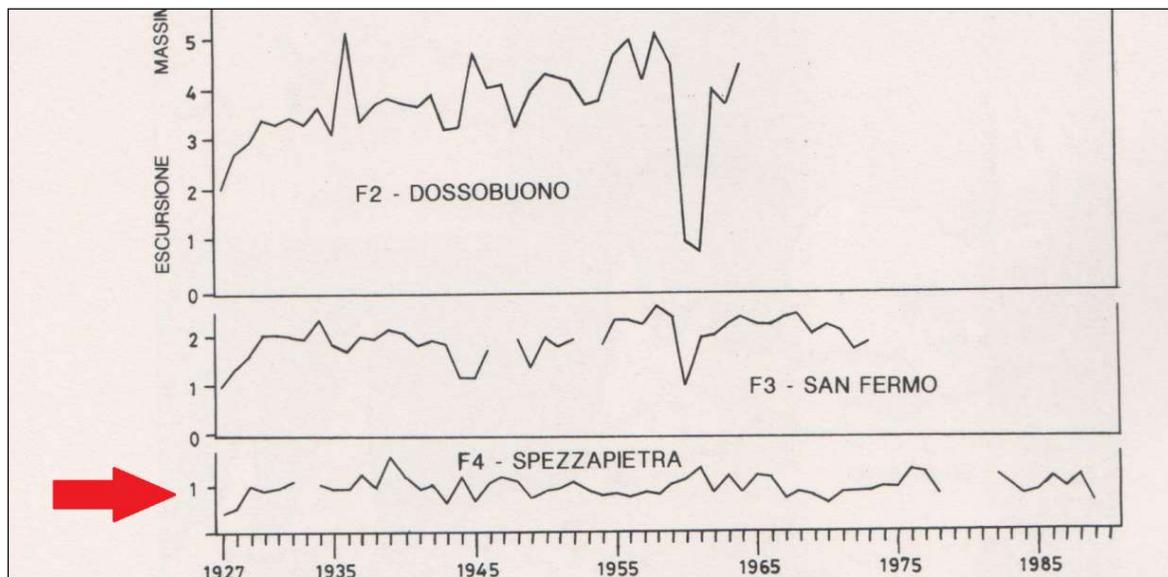


Figura 14 - Escursione massima annua della falda freatica 1926-1990.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 31 di 234</p>

Le oscillazioni osservate al pozzo F4 nel periodo di misura sono le seguenti (m):

- escursione massima assoluta: 1.7 m
- escursione massima annua: 1.3 m
- escursione media annua: 1 m

Una sicura correlazione vi è anche tra il regime del F. Adige e quello della falda freatica in sua vicinanza, come evidenziato dalla Figura 15 in cui sono riportate, in valori percentuali (e per un periodo limitato al 1973, anno in cui furono sospese le misure idrometriche a Verona), la distribuzione delle piene e delle magre del corso d'acqua e della falda nel pozzo F4.

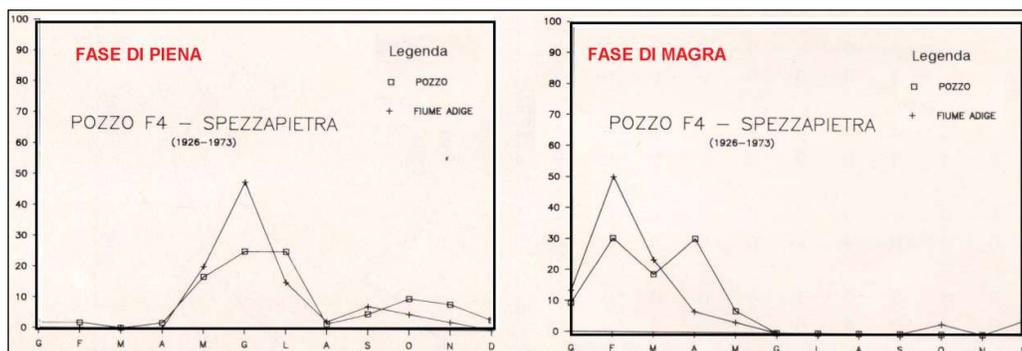


Figura 15 - Distribuzione temporale delle culminazioni annuali di piena e di magra, espresse in percentuale, al pozzo F4 e nel F. Adige.

Dal confronto tra fiume e falda emerge che:

- il fiume ha un regime caratterizzato complessivamente da un'unica fase di prolungata piena che normalmente interessa i mesi da maggio a luglio e una fase di magra nei mesi da gennaio a marzo;
- il regime del fiume è molto simile a quello della falda, la quale ha una fase di piena all'incirca coincidente con quella del fiume e una di magra che può essere coincidente o posticipata di circa 2 mesi;

Ulteriori informazioni circa la massima escursione riscontrata nell'area di San Michele, sebbene relative a un periodo temporale piuttosto limitato, derivano dai pozzi 100÷104, che, come evidenziato dalla seguente Tabella 1, evidenziano massimi di 2.2. m nel pozzo n.100.

Tabella 1 - Valori delle escursioni freatiche osservate saltuariamente in alcuni pozzi (Dal Prà, De Rossi 1991).

Pozzo	Periodo osservazione	Massima quota piezometrica	Minima quota piezometrica	Escursione massima
		m s.l.m.	m s.l.m.	M
100	74-88	45.32	43.12	2.2
101	74-88	43.55	42.33	1.22
102	86-88	41.37	40.69	0.68
103	74-88	40.13	38.59	1.54
104	74-88	41.05	Asciutto	>0.6

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 32 di 234

Nella Figura 16 è mostrata un'elaborazione nella quale sono riportati i valori della massima quota che la superficie freatica ha raggiunto, sino al 1991, nell'area compresa tra la stazione di Verona Porta Vescovo e il Comune di San Martino Buon Albergo.

Per una valutazione delle fluttuazioni piezometriche relative a periodi più recenti, rispetto a quelli derivati dalla pubblicazione precedentemente citata, si può fare riferimento alla rete di controllo della Provincia di Verona, a quella dell'ex Servizio Idrografico e Mareografico attualmente gestita da ARPAV, nonché agli studi condotti a livello regionale dall'Agenzia stessa.

I punti di controllo posti in vicinanza del settore in esame sono relativi alle seguenti stazioni e periodi di misura (ubicazione nelle Figura 17, Figura 18 e Figura 19):

Per la rete della Provincia di Verona i punti di controllo rappresentativi sono rappresentati dai seguenti pozzi:

- pozzo n. 656 in Comune di San Giovanni Lupatoto (periodo 2004-2013);
- pozzo n. 1062 in Comune di Zevio (periodo 2012-2013);
- pozzo n. 168 in Comune di Lavagno (periodo 1999-2008);
- pozzo n. 174 in Comune di San Bonifacio (periodo 1999-2005);
- pozzo n. 264 in Comune di Montebello Vicentino (periodo 2000-2007);
- pozzo n. 153 in Comune di Lonigo (periodo 1999-2013).

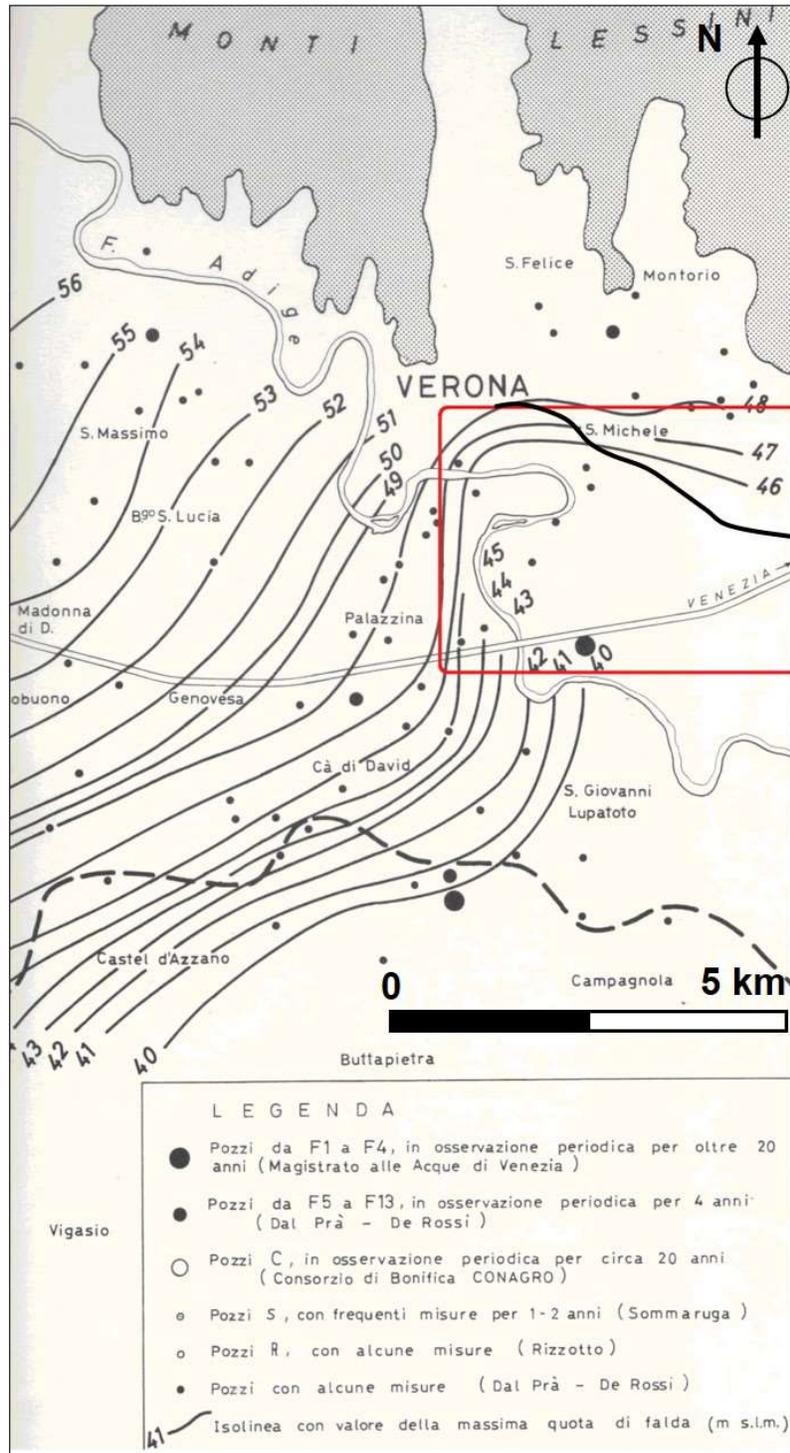


Figura 16 - Carta isopiezometrica di massima quota della falda (Dal Prà, De Rossi, 1991) con sovrapposizione del tracciato.

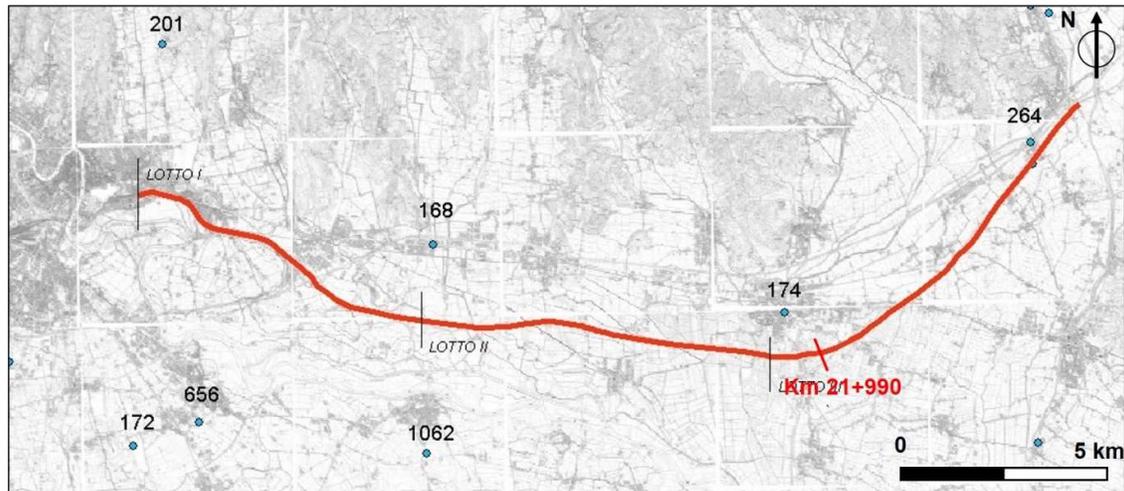


Figura 17 - Rete freaticometrica Provincia di Verona) con sovrapposizione del tracciato.

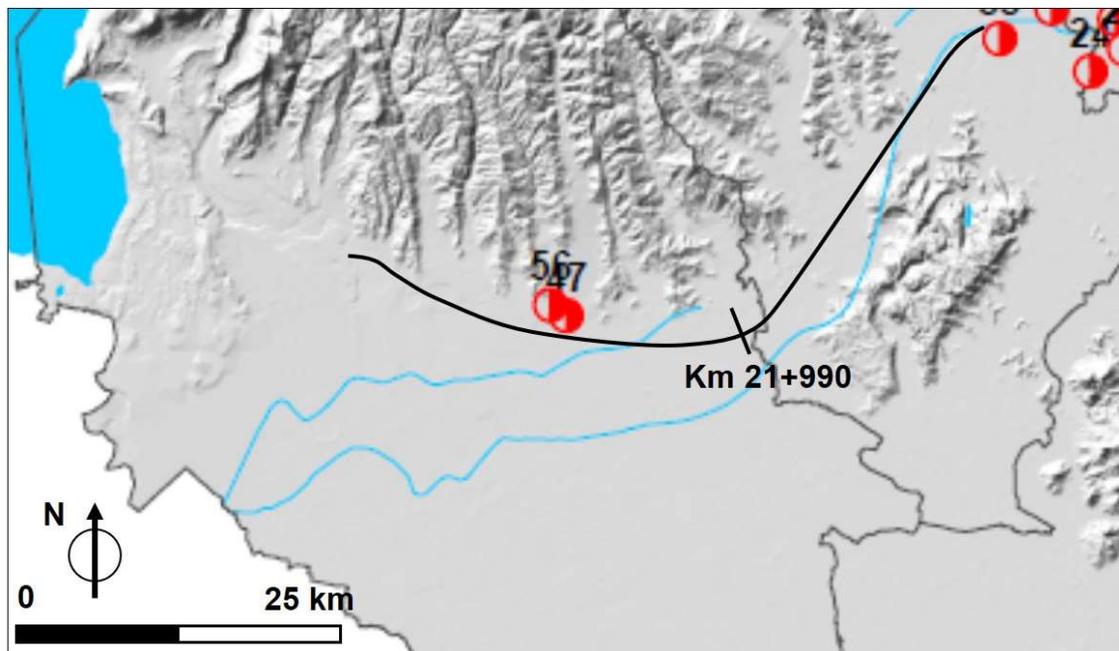


Figura 18 - Rete freaticometrica regionale periodo 1984-2006 (Da ARPAV) con sovrapposizione del tracciato.

mentre per la rete ARPAV si può fare riferimento ai seguenti punti di controllo:

- pozzo n. 56 in località Vago del Comune di Lavagno (periodo 1984-2005);
- pozzo n. 47 in località Rota di Caldiero (periodo 1997-2005);

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 35 di 234

- pozzo n. 12 in località San Massimo (periodo 2005-2012);
- pozzo n. 123 in località Arcole (periodo 2008-2012)
- pozzo n. 105 in località Lonigo (periodo 2009-2013)

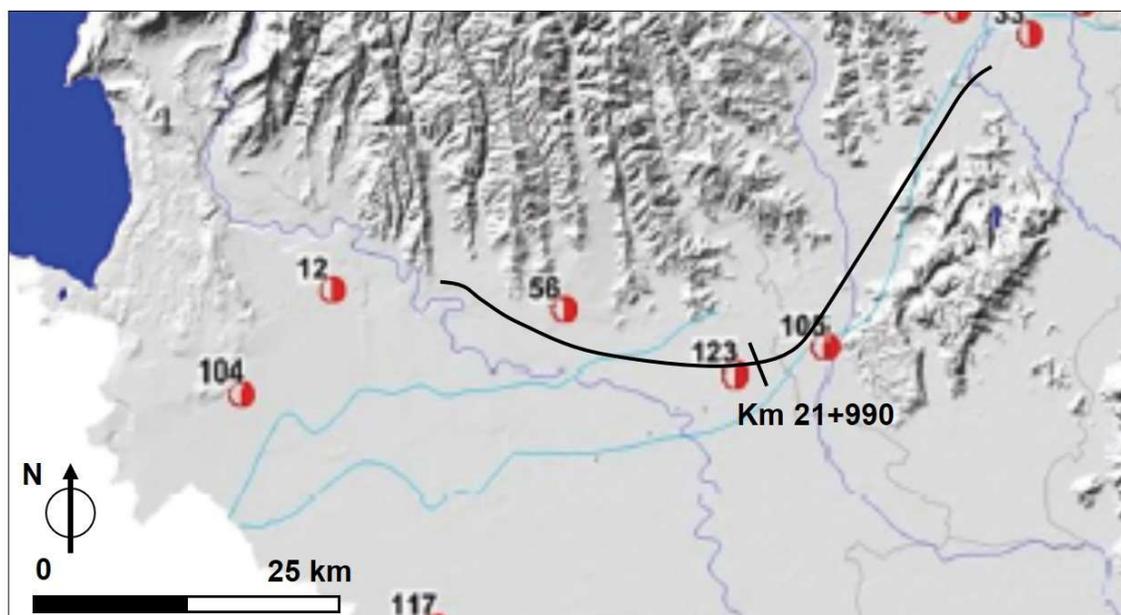


Figura 19 - Rete freaticometrica regionale periodo 2005-2013 (Da ARPAV) con sovrapposizione del tracciato.

Le oscillazioni freatiche riscontrate nei succitati punti di monitoraggio sono riportate nelle seguenti Figure 20÷28.

Le fluttuazioni freatiche rilevate nei pozzi n. 168 e n. 56 in Comune di Lavagno (Figure 20 e 21) e n. 47 in località Rota di Caldiero (Figura 22), tutti ubicati nella conoide minore del T. D'Illassi, evidenziano un regime di portata della falda tipico dell'alta pianura, vale a dire principalmente connesso agli afflussi meteorici, con oscillazioni perlopiù irregolari sia nell'entità delle escursioni che nei mesi di massima elevazione della falda. Le fluttuazioni stagionali evidenziano significative escursioni che possono raggiungere anche valori superiori a 4 m come nel pozzo n. 168 di Lavagno o in quello n. 56 di Vago.

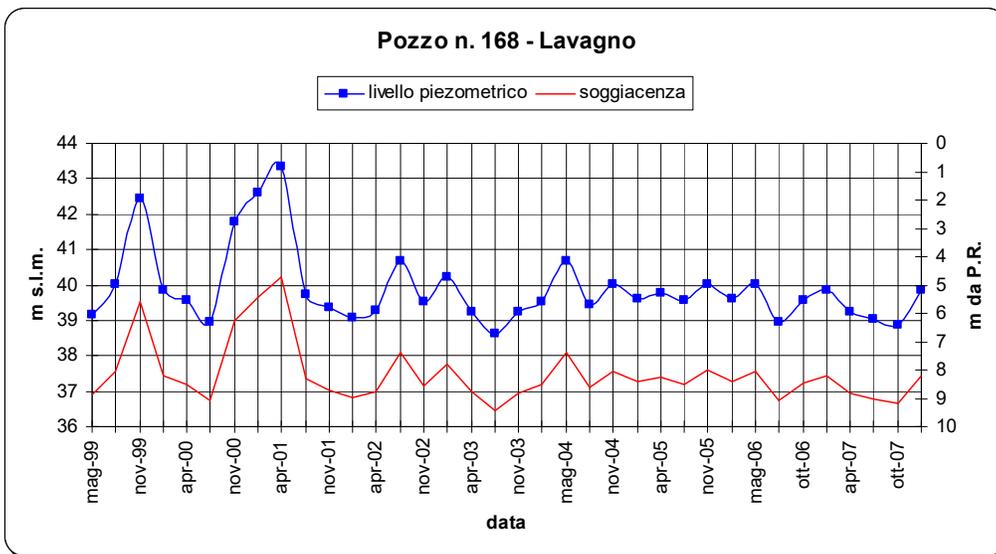


Figura 20 - Oscillazione freatica nel pozzo n.168 di Lavagno (1999-2007).

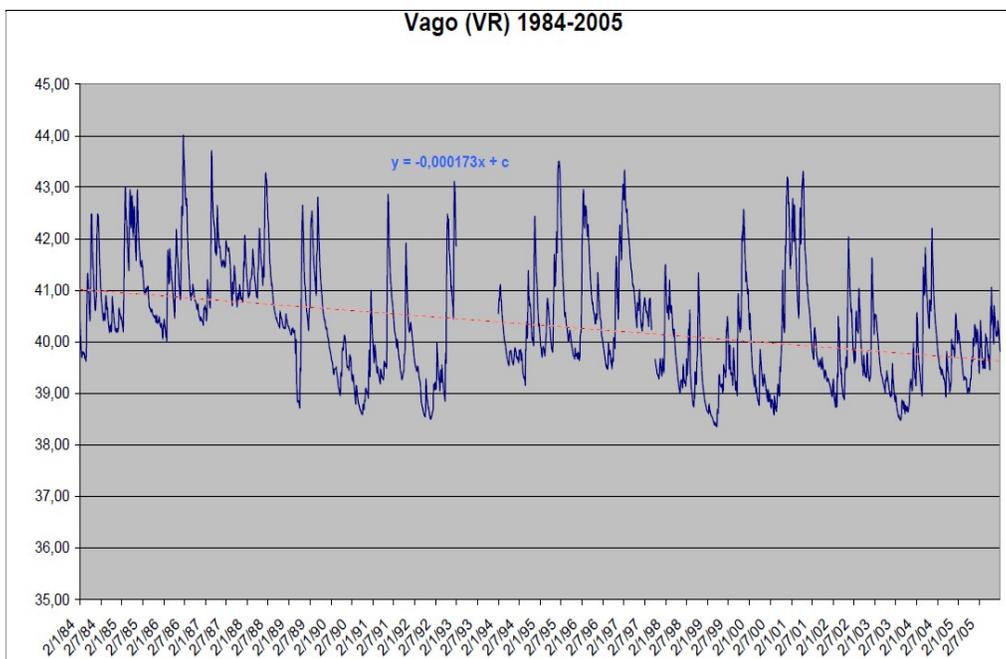


Figura 21 - Oscillazione freatica nel pozzo n. 56 di Vago (1984-2005).

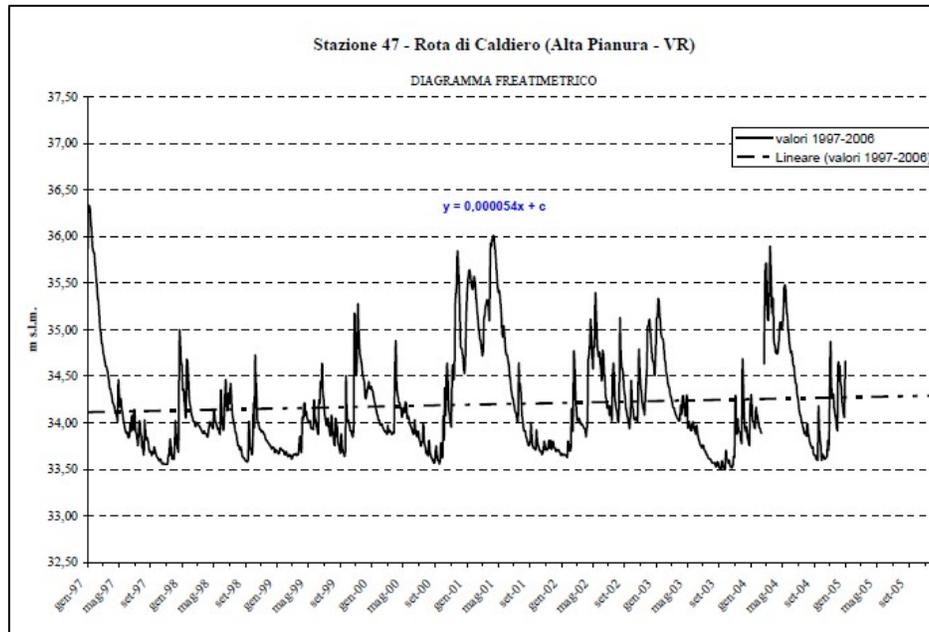


Figura 22 - Oscillazione freatica nel pozzo n. 47 di Rota di Caldiero (1997-2005).

Diversa è la situazione registrata nel pozzo n. 12 di San Massimo (Figura 23), ubicato nella conoide del F. Adige, che manifesta invece un'oscillazione freatica ciclica con massime elevazioni della falda nel periodo tardo estivo e minime in quello primaverile, tipiche delle aree soggette a irrigazione che ricordano, anche per la vicinanza tra i pozzi, quelle precedentemente analizzate, relative ai pozzi F2, F3 e F4.

Anche in questo pozzo si rilevano comunque escursioni freatiche estremamente significative contraddistinte da valori anche prossimi a 4 m.

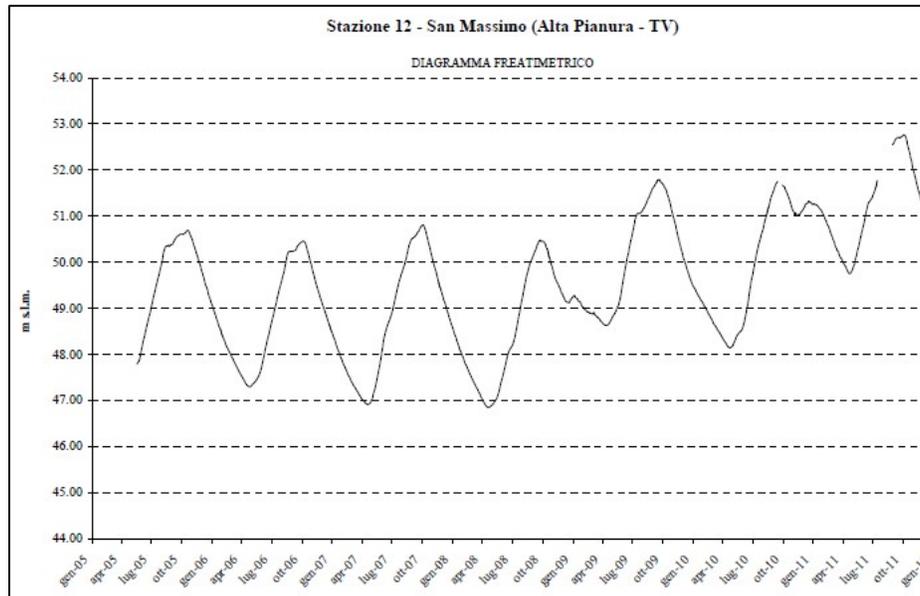


Figura 23 - Oscillazione freatica nel pozzo n. 12 San Massimo (2005-2012).

Ulteriori caratteristiche, differenti da quelle relative ai punti di controllo descritti in precedenza, sono osservabili nelle oscillazioni freatiche relative ai piezometri ubicati nel settore più orientale della tratta in esame, rappresentati dai pozzi n. 174 di San Bonifacio (Figura 24) n. 123 di Arcole (Figura 25), n. 105 e 153 di Lonigo (Figura 26 e Figura 27) e n. 264 di Montebello Vicentino (Figura 28).

In questi pozzi, per la maggior parte ubicati nell'unità idrogeologica Alpone-Chiampo-Agno, si ha una combinazione delle caratteristiche analizzate in precedenza con un andamento ciclico al quale si sovrappongono evidenti picchi in risalita della falda dovute agli afflussi meteorici.

Nei pozzi di San Bonifacio, Arcole e Lonigo la maggiore distanza dal margine prealpino sembrerebbe limitare le escursioni stagionali a valori di poco superiori a 2 m nei pozzi n. 123 e 153, a 1 m nel pozzo n. 105 e a valori inferiori al metro nel pozzo n. 174 di San Bonifacio.

Tali valutazioni vanno tuttavia utilizzate con cautela in quanto da commisurare alla limitata estensione temporale del monitoraggio freaticometrico effettuato in questi punti di controllo.

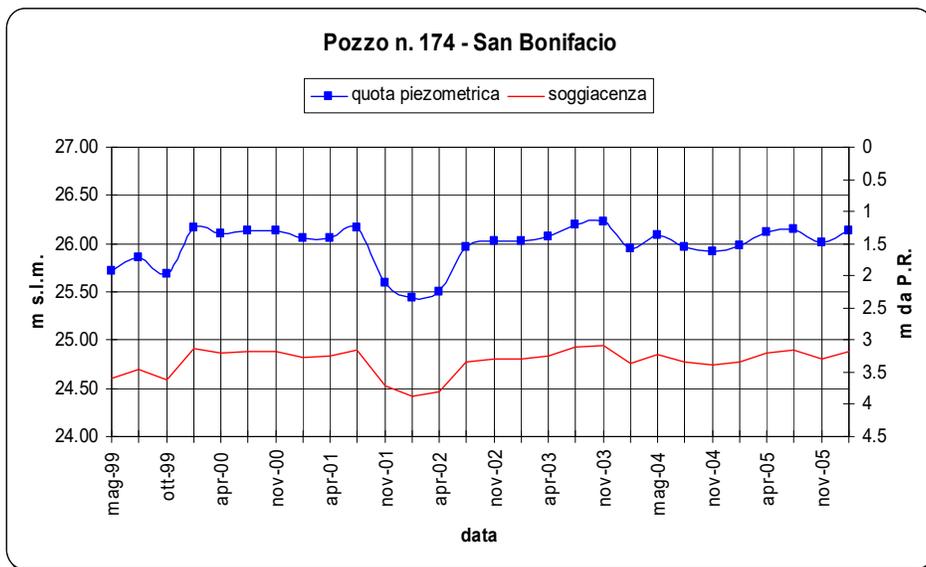


Figura 24 - Oscillazione freatica nel pozzo n. 174 di San Bonifacio (1999-2005).

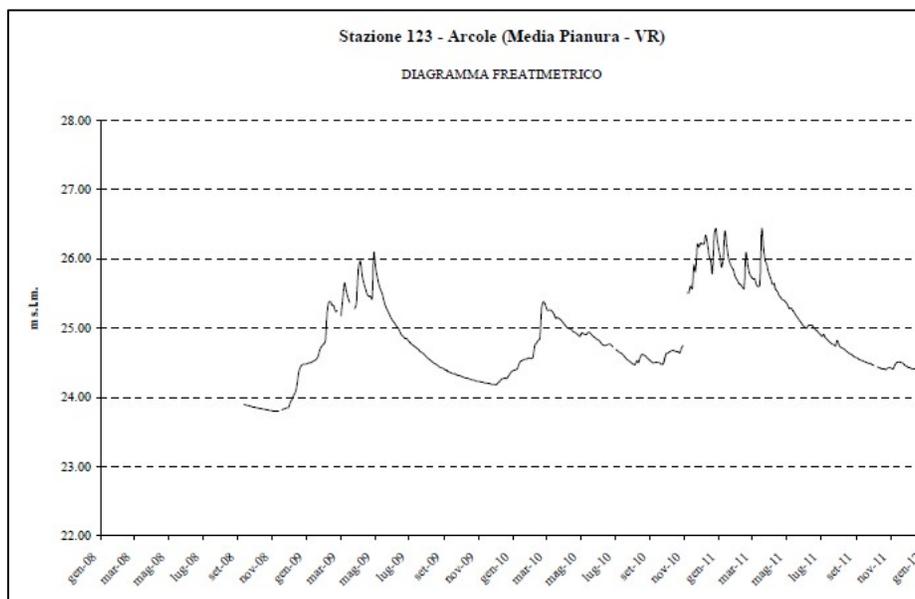


Figura 25 - Oscillazione freatica nel pozzo n. 123 di Arcole (2009-2012).

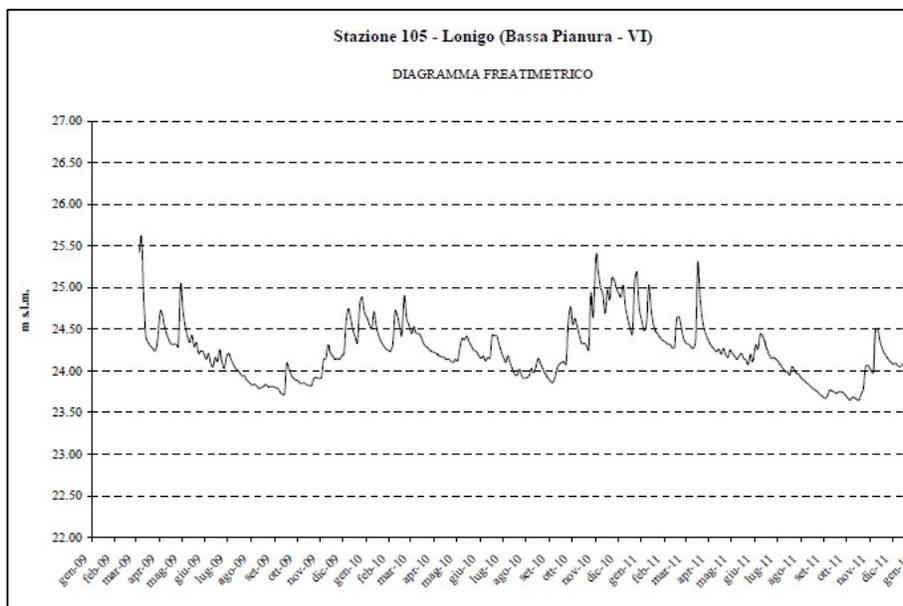


Figura 26 - Oscillazione freatica nel pozzo n. 105 di Lonigo (2009-2012).

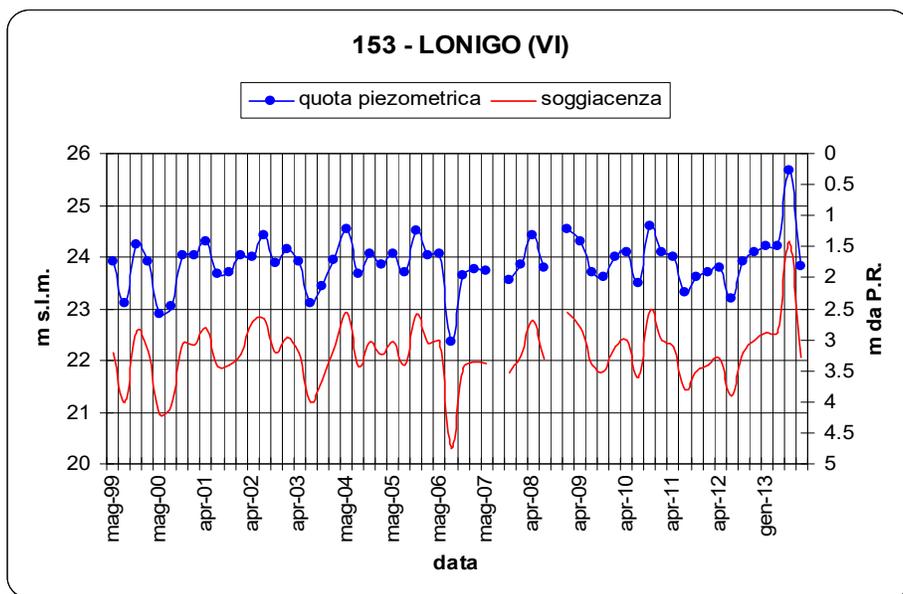


Figura 27 - Oscillazione freatica nel pozzo n. 153 di Lonigo (1999-2013).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 41 di 234</p>

Maggiori escursioni, simili a quelle caratteristiche dei pozzi di Lavagno e Caldiero, si riscontrano invece nel pozzo n. 264 di Montebello Vicentino in ragione del fatto che tale punto di controllo si situa nella piana valliva che separa i rilievi dei Lessini da quelli dei Berici.

L'oscillazione freatica sembra anche in questo caso regolata dagli afflussi meteorici con escursioni stagionali anche superiori a 4 m.

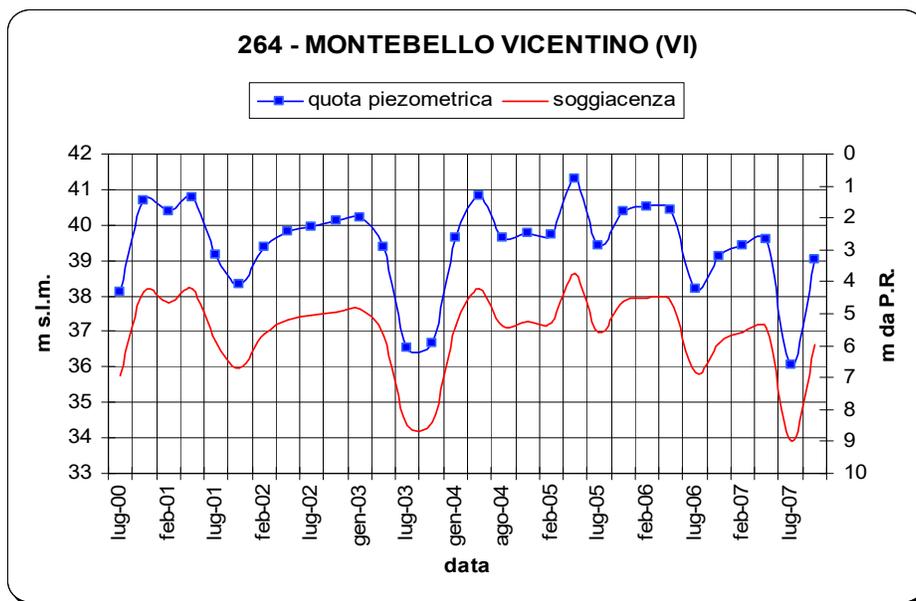


Figura 28 - Oscillazione freatica nel pozzo n. 264 di Montebello Vicentino (2000-2007).

Ulteriori informazioni di dettaglio circa l'oscillazione freatica misurata in Comune di San Bonifacio, si possono trarre dalle relazioni redatte a corredo dei progetti di realizzazione e di chiusura di alcune discariche ubicate presso la località Lionello, posta circa 800 m a Nord del tracciato ferroviario all'altezza della progressiva 17+800. I grafici di oscillazione della falda freatica e della sottostante falda in pressione, relativi al periodo 1998-2012, rilevati nella rete di monitoraggio delle discariche sono evidenziati in Figura 29.

Con particolare riferimento alla falda freatica in quest'area si osservano oscillazioni legate agli apporti meteorici che determinano oscillazioni stagionali generalmente non superiori al metro. A livello pluriennale si sono comunque riscontrate escursioni freatiche di 1.6 m, in particolare tra i minimi del gennaio 2009 e i massimi rilevati nella primavera del 2012, che, per il periodo in oggetto, ha fatto riscontrare il massimo innalzamento della falda.

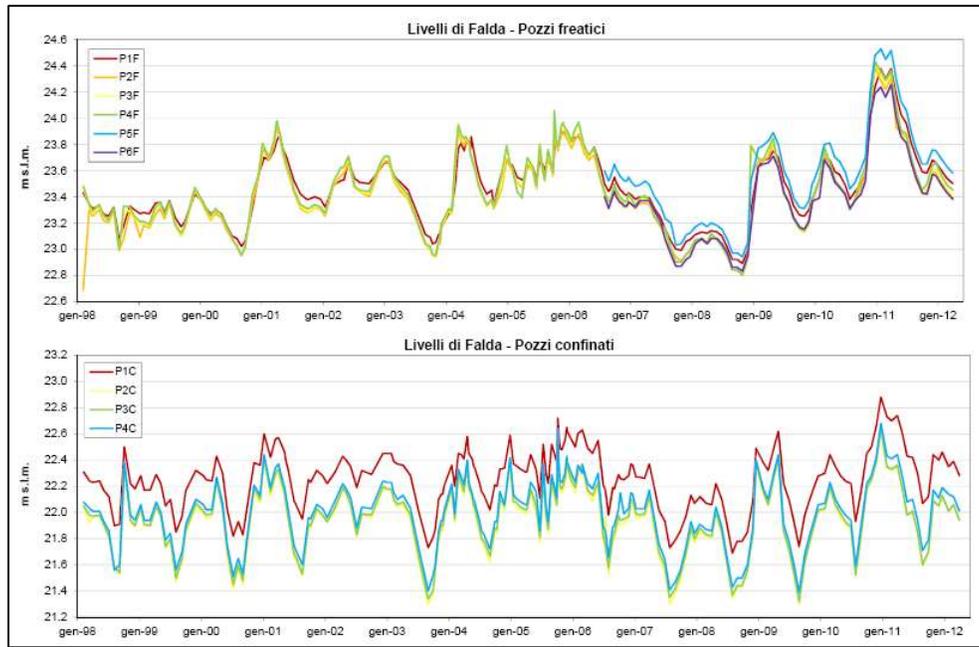


Figura 29 - Oscillazione freatica nei piezometri di controllo delle Discariche site presso C.na Lionello in Comune di San Bonifacio (1998-2012).

Sul lungo periodo l'analisi statistica dei livelli freatici conferma un abbassamento della falda che interessa l'intera alta pianura veneta con intensità e modi variabili secondo il bacino idrogeologico di appartenenza. Sul breve e più recente periodo (decennio 2000-2010) la caratteristica principale è invece rappresentata da un importante fenomeno di innalzamento freatico.

Nel corso del triennio 2008-2010 infatti i livelli idrometrici delle falde hanno registrato un crescente aumento dei valori, interrompendo la tendenza negativa registrata fin quel momento.

Tale fenomeno trova risposta nelle intense sollecitazioni idrometeorologiche intervenute a più riprese nel Veneto in quel triennio.

In particolare, i più forti impulsi meteorici verificatisi con fenomeni gravi di esondazioni nei mesi di novembre e dicembre si sono trasmessi, con lo sfasamento proprio temporale dei sistemi idrogeologici, anche nelle falde sotterranee che, partendo da livelli già sostenuti del 2009, hanno visto superare in alcune stazioni di misura i massimi valori registrati negli ultimi 30 anni di osservazione.

Le cause dirette di tale fenomeno sono da ricercarsi, oltre che alle abbondanti precipitazioni avvenute, anche all'effetto concomitante dei corsi d'acqua che, mantenendo i livelli idrometrici elevati per un prolungato periodo, hanno favorito intensi processi di dispersione e quindi di ricarica.

La zona di pianura maggiormente interessata da questo fenomeno è stata una fascia che si estende da Est a Ovest della regione a ridosso del limite superiore delle risorgive.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 43 di 234

Queste aree sono simili dal punto di vista dell'assetto idrogeologico poiché caratterizzate da una soggiacenza variabile da 5 a 15 m.

Analizzando le serie a lungo termine, così come risulta chiara l'eccezionalità dell'avvenimento è oltremodo evidente che i livelli normalmente raggiunti nel dicembre 2010 rappresentino i valori normalmente raggiunti dalla falda negli anni '70 e poi mai più raggiunti per il citato abbassamento freatico. Dal punto di vista statistico l'innalzamento freatico del 2010 ha determinato un'importante conseguenza nei coefficienti di tendenza relativa soprattutto per le serie a breve/medio periodo.

In particolare, mentre il decennio 1996-2007 è stato caratterizzato da un trend negativo per 6 stazioni su 8 di alta pianura, il periodo successivo che comprende l'innalzamento freatico del 2010 è stato contraddistinto da un coefficiente tendenziale positivo con tassi di innalzamento anche assai rilevanti nel breve termine.

Nel corso del 2011-2012 i livelli idrometrici delle falde si sono gradualmente normalizzati ritornando nella maggior parte del territorio ai valori uguali o inferiori di quelli antecedenti i fenomeni descritti, ma nel biennio successivo, pur in assenza di analisi statistica a conferma, si sono osservati nuovi fenomeni di innalzamento delle falde connessi ai rilevanti afflussi meteorologici del 2013 e 2014.

Nella seguente

Tabella 2 sono riportati i tassi di variazione tendenziale calcolati su differenti periodi in alcuni dei punti di monitoraggio precedentemente discussi.

Tabella 2 - Tassi di variazione tendenziale dei livelli di falda.

ID	BACINO IDROGEOLOGICO E STAZIONE	Anno dell'inizio delle osservazioni	TASSO DI VARIAZIONE TENDENZIALE					VARIAZIONE TENDENZIALE			
			5 anni periodo 2007-2011 cm/anno	10 anni periodo 2002-2011 cm/anno	20 anni periodo 1992-2011 cm/anno	40 anni periodo 1972-2011 cm/anno	10 anni periodo 1997-2006 cm/anno	5 anni periodo 2007-2011 m	10 anni periodo 2002-2011 m	20 anni periodo 1992-2011 m	40 anni periodo 1972-2011 m
			<b>ALTA PIANURA VERONESE</b>								
12	San Massimo <sup>(1)</sup>	1954	69.4	—	—	-7.9	—	3.47	—	—	-3.17
56	Vago	1926	37.6	<u>12.3</u>	-0.2	-5.4	<u>-6.4</u>	1.88	1.23	-0.03	-2.14
104	Villafranca Veronese <sup>(2)</sup>	2009	62.5*	—	—	—	—	3.13*	—	—	—
<b>BASSA PIANURA DELL'ADIGE</b>											
105	Lonigo <sup>(2)</sup>	2009	-5.5*	—	—	—	—	-0.27*	—	—	—
117	Sorgà <sup>(2)</sup>	2009	-3.4*	—	—	—	—	-0.17*	—	—	—
123	Arcole <sup>(2)</sup>	2008	17.6*	—	—	—	—	0.88	—	—	—

### 3.2.4 LE ACQUE SUPERFICIALI

Il tracciato di progetto attraversa una porzione della pianura veronese affetta da alcune criticità legate al deflusso idrico superficiale ed evidenziate nel PTCP di Verona (Figura 30).

La pianura veronese è di fatto classificata per intero come C050211 – Aree di bonifica idraulica.

Tra le progressive 7+600 e 9+200, la piana del Fibbio è soggetta a periodiche inondazioni mentre aree a deflusso difficoltoso si individuano alle progressive 11+400 – 12+000 ed in corrispondenza dell'attraversamento del T. Alpone alla progressiva 20+500 circa.

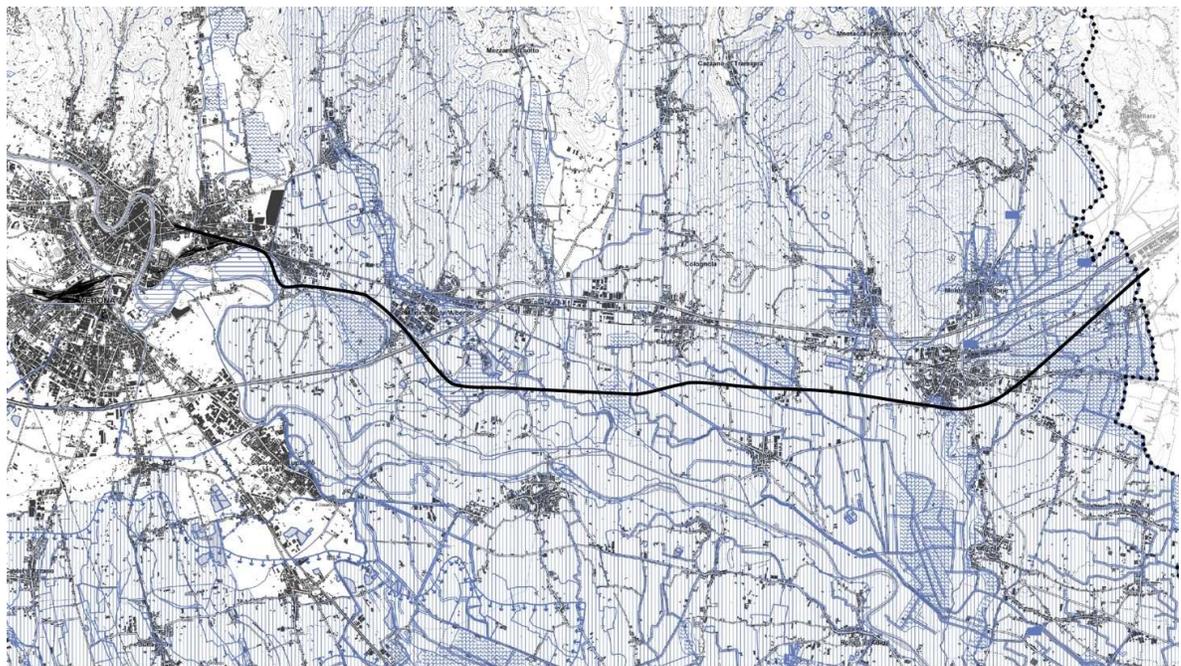


Figura 30 - Le acque superficiali. Stralcio della carta del PTCP Verona con sovrapposizione del tracciato.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 45 di 234

#### 4 CARATTERI IDROGEOLOGICI DI DETTAGLIO DEL TRATTO DI INTERESSE

Il tracciato ferroviario in oggetto si sviluppa per la totalità al di sopra di depositi alluvionali inseriti nell'ambito dei bacini idrogeologici dell'alta (VRA) e media pianura (MPVR) veneta, nella porzione occidentale e centrale della tratta, e nel bacino idrogeologico Alpone-Chiampo-Agno (ACA) nel settore orientale della tratta.

Nella sua parte iniziale, compresa tra Verona e Zevio, il tracciato si sviluppa nel bacino idrogeologico dell'alta pianura (VRA) e interessa l'unità formata dai sedimenti fluvioglaciali antichi attribuibili al Diluvium Recente (FgW - Fluvioglaciale Wurm).

Nella sua parte centrale, compresa tra Zevio e San Bonifacio, il tracciato interessa un settore convenzionalmente compreso nel bacino idrogeologico della media pianura (MPVR) e si sviluppa al di sopra dei sedimenti del Diluvium Tardivo (FgWt - Fluvioglaciale Wurm Tardivo).

In questi primi settori la litologia del sottosuolo è prevalentemente grossolana e contraddistinta da un incremento della componente sabbiosa passando dal bacino idrogeologico dell'alta a quello della bassa pianura. All'interno di questi depositi fluvioglaciali a prevalenza ghiaioso-sabbiosa, si rinvencono sedimenti limoso-argillosi disposti in forme lenticolari perlopiù di scarso spessore ed estensione areale. Procedendo verso Est, nel tratto compreso tra San Bonifacio e Montebello Vicentino, il tracciato si sviluppa nel bacino idrogeologico ACA, in corrispondenza del quale si manifesta una marcata variazione nei caratteri litologici del sottosuolo, poiché ai depositi fluvioglaciali si sovrappongono depositi alluvionali più recenti a granulometria più variabile, legati ai cicli deposizionali dei corsi d'acqua Chiampo e Agno-Guà. In tali depositi si ha una sostanziale predominanza di terreni limoso-argillosi a cui si alternano sedimenti a granulometria grossolana costituiti da ghiaie sabbioso limose; solo in alcune zone e limitatamente a una fascia al piede settentrionale dei Berici, si rinviene una componente marcatamente sabbiosa limosa in alternanza a limi argillosi.

Per la valutazione di dettaglio delle caratteristiche idrogeologiche delle aree interessate dal tracciato ferroviario, saranno di seguito sintetizzate:

- l'elenco delle indagini geognostiche sinora effettuate nel 2002, per il progetto preliminare dell'opera e nel 2014-2015 per il progetto definitivo;
- l'elenco delle indagini geognostiche integrative effettuate per il progetto esecutivo;
- la geologia e la litologia di superficie e del sottosuolo sino alla massima profondità investigata dalle indagini di campo;
- le caratteristiche della falda idrica in termini di direzione e soggiacenza;
- l'entità delle oscillazioni della falda in vicinanza del settore in oggetto;
- i parametri idrogeologici dell'acquifero interessato dall'opera.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 46 di 234

Per maggiore praticità d'esposizione l'analisi delle diverse componenti ambientali sarà effettuata distintamente per 3 tratti i quali hanno le seguenti caratteristiche:

**Tratto 1** - compreso tra i Km 0+000 e 10+045, tra i Comuni di Verona, S. Martino Buon Albergo e Zevio. In questa tratta, e precisamente tra i km 4+941 e 6+541 è prevista la realizzazione della galleria artificiale di S. Martino Buon Albergo.

**Tratto 2** - compreso tra i Km 10+045 e 19+159, tra i Comuni di Zevio, Caldiero, Belfiore e S. Bonifacio. In questa tratta è prevista la realizzazione di viadotti in corrispondenza dei Torrenti Fibbio e d'Illasi-Prognolo.

**Tratto 3** - compreso tra i Km 19+160 e 32+460, tra i Comuni di S. Bonifacio, Lonigo e Montebello Vicentino. La presente relazione descrive le caratteristiche del tracciato fino alla progressiva 22+000 nel comune di San Bonifacio.

Le caratteristiche idrogeologiche del territorio attraversato dal tracciato di progetto sono rappresentate in dettaglio negli elaborati cartografici (doc. IN1710EI2LZGE0000023C-33C) che descrivono, in planimetria e profilo lungo il percorso, l'andamento del livello piezometrico, la distribuzione dei punti di indagine e monitoraggio, le direzioni del deflusso ipogeo, le caratteristiche tessiturali dell'acquifero principale ed alcune sue proprietà quale il carattere freatico e/o la presenza di livelli acquiclude/acquitardi che lo confinano al tetto.

La carta idrogeologica è basata su una legenda interpretativa che mostra i suddetti caratteri relativamente all'acquifero principale secondo le seguenti suddivisioni:

ag - acquifero indifferenziato ghiaioso – sabbioso: comprende i terreni del diluvium recente e i depositi di piana alluvionale con caratteristiche di depositi grossolani ricchi di ghiaie e con matrice sabbiosa localmente abbondante;

as – acquifero indifferenziato sabbioso – ghiaioso con falda localmente artesiane: questa unità caratterizza la piana alluvionale dell'Adige e del Fibbio dove si registra la presenza di un acquifero con caratteri tessiturali di sabbie e ghiaie non dissimili dal precedente se non per la maggior abbondanza di matrice sabbiosa. Tale acquifero però risulta confinato da livelli di sabbie limose e limi sabbiosi sommitali con permeabilità medio bassa che localmente generano condizioni di artesianità;

Ag – acquifero differenziato ghiaioso con falda in pressione: comprende le unità caratterizzate da depositi ghiaiosi di piana alluvionale, con presenza di falda in pressione che è a sua volta distinta in base alla profondità (> o < di 30 metri) ed ai caratteri artesiani laddove presenti;

As – acquifero differenziato sabbioso ghiaioso con falda confinata al di sopra dei 30 metri: lateralmente al tracciato sono presenti, a profondità minore di 30 metri, livelli sabbiosi con buone capacità acquifere confinati da orizzonti di limi sabbiosi a permeabilità medio bassa che portano la falda localmente in condizioni di artesianità;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 47 di 234

v – acquifero in rocce vulcaniche: questa unità, che non viene mai intercettata dal tracciato, caratterizza essenzialmente le aree collinari di Altavilla Vicentina ed è caratterizzata da permeabilità bassa o media laddove presente una intensa alterazione e fratturazione degli ammassi;

ce – acquifero in rocce calcaree stratificate e localmente fratturate: sempre nell'area di Altavilla Vicentina, praticamente mai interferenti con il tracciato, affiorano unità permeabili per fratturazione che possono dar luogo, in condizioni di assetto e morfologia adeguate, a fenomeni di dissoluzioni. Nell'area, tuttavia, non sono segnalate morfologie riferibili a processi carsici. La permeabilità di tali unità è media o elevata in relazione alle condizioni di fratturazione degli ammassi rocciosi.

Rappresentando in planimetria i caratteri dell'acquifero principale anche laddove non affiorante, si è voluto fornire, per l'intero territorio analizzato, l'informazione relativa alle caratteristiche principali dell'unità più significativa dal punto di vista idrogeologico, trascurando la rappresentazione dei terreni affioranti laddove questi non costituiscono unità di interesse specifico.

Le unità che non costituiscono l'acquifero principale vengono pertanto rappresentate lungo il profilo in funzione dei loro caratteri tessiturali secondo le categorie:

1 – riporto;

2 – limi argillosi e argille limose a bassa permeabilità ( $k < 10^{-6}$  m/s);

3A/3B – sabbie limose e limi sabbiosi a permeabilità medio bassa ( $10^{-6} < k < 10^{-5}$  m/s);

4 – sabbie debolmente limose o limose a media permeabilità ( $10^{-5} < k < 10^{-4}$  m/s);

6 – ghiaie e ghiaie con sabbia a permeabilità media ed elevata ( $k < 10^{-4}$  m/s).

## 4.1 TRATTO TRA pk 0+000 E pk 10+045

### 4.1.1 INDAGINI E PROVE ESEGUITE

Un insieme significativo per i fini del presente inquadramento delle indagini effettuate lungo il tracciato o nelle immediate vicinanze è il seguente:

- SP1, SP1BIS, BH-CH-PE-10, BH-CH-PE-11, SP6, BH-CH-PE-13, BH-CH-PE-14, SP11, SP14, SP14BIS: sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con tubo cieco per prove Cross Hole, eseguiti nel 2014-2015 e 2020;
- BH-DH-PE-06: sondaggio a carotaggio continuo attrezzato con tubo cieco per prove Down Hole, eseguito nel 2020;
- BH-PE-01, BH-PE-02, BH-PE-04, BH-PE-05, BH-PE-07, BH-PE-08, SA203R003, BH-PE-09, BH-PE-12, SA203B006, BH-PE-15, BH-PE-16, BH-PE-16 bis, BH-PE-17, BH-PE-18 bis, BH-PE-20, BH-PE-20 bis: sondaggi geognostici a carotaggio continuo eseguiti nel 2002 e 2020-2021

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 48 di 234

- SPA2, SPA5, SPA8, SPA9, SPA9BIS, SPCA10, SPA12BIS, SPAA13, SPA13BIS: sondaggi a carotaggio continuo (SP) con installazione di piezometro Casagrande (C), piezometro a Tubo Aperto (A), piezometro a doppio tubo aperto (AA) eseguiti nel 2014-2015;
- BH-PZ-PE-03, XA203B004, XA203B005, BH-PZ-PE-18, XA203P008, BH-PZ-PE-19, XA203P009: sondaggi geognostici a carotaggio continuo con installazione di piezometro a tubo aperto, eseguiti nel 2002 e 2020-2021;
- SDC7, SDA12, SDA15: fori a distruzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C) o Piezometro a Tubo Aperto (A) eseguiti nel 2014-2015.

Le principali caratteristiche costruttive dei succitati sondaggi, nonché le misure e le indagini in sito eseguite in loro corrispondenza sono di seguito descritte:

#### **Sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con tubo cieco per prove Cross Hole**

identificativo: **SP1**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 1+050

quota piano campagna: 46.51 m s.l.m.

profondità: 20 m

identificativo: **SP1BIS**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: 1+070

quota piano campagna: n.d.

profondità: 15 m

identificativo: **BH-CH-PE-10**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: 5+320

quota piano campagna: 47.42

profondità: 40 m

soggiacenza misurata durante le prove: 9.0 m da pc

prova Lefranc 1: eseguita tra 5.50 e 6.00 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia con sabbia addensata /molto addensata

coefficiente di permeabilità calcolato:  $2.34 \cdot 10^{-4}$  m/s

prova Lefranc 2: eseguita tra 9.50 e 10.00 m da pc

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 49 di 234

litologia del tratto di prova: ghiaie e sabbie addensate/molto addensate

coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.81 \cdot 10^{-4}$  m/s

prova Lefranc 3: eseguita tra 13.50 e 14.00 m da pc

litologia del tratto di prova: limo sabbioso/sabbia limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $9.44 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc 4: eseguita tra 16.50 e 17.00 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia fine

coefficiente di permeabilità calcolato:  $3.11 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc 5: eseguita tra 19.50 e 20.00 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia fine

coefficiente di permeabilità calcolato:  $3.10 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc 6: eseguita tra 33.00 e 33.50 m da pc

litologia del tratto di prova: argilla debolmente limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $7.61 \cdot 10^{-6}$  m/s

identificativo: **BH-CH-PE-11**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: 5+625

quota piano campagna: 46.00

profondità: 50 m

soggiacenza misurata durante le prove: 7.8 m da pc

prova Lefranc 1: eseguita tra 12.00 e 12.50 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $4.81 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc 2: eseguita tra 15.00 e 15.50 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $6.19 \cdot 10^{-6}$  m/s

prova Lefranc 3: eseguita tra 18.00 e 18.50 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $6.87 \cdot 10^{-6}$  m/s

prova Lefranc 4: eseguita tra 25.00 e 25.50 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia debolmente limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $9.93 \cdot 10^{-6}$  m/s

prova Lefranc 5: eseguita tra 31.50 e 32.00 m da pc

litologia del tratto di prova: argilla limosa/limo sabbioso

coefficiente di permeabilità calcolato:  $6.15 \cdot 10^{-7}$  m/s

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 50 di 234

identificativo: **SP6**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 5+630

quota bocca foro: 46.13 m s.l.m.

quota piano campagna: 45.81 m s.l.m.

profondità: 40 m

tubo pvc ø 3" per Cross Hole fino a 35 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 4.5 m da p.c. (dato acquisito in fase di perforazione il 28.10.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 41.63 m s.l.m.

identificativo: **BH-CH-PE-13**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: 6+300

quota piano campagna: 45.140

profondità: 40 m

soggiacenza misurata durante le prove: 6.7 m da pc

prova Lefranc 1: eseguita tra 11.8 e 12.00 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia debolmente sabbiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $4.64 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc 2: eseguita tra 14.80 e 15.00 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia debolmente sabbiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $5.63 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc 3: eseguita tra 18.00 e 19.00 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $3.39 \cdot 10^{-6}$  m/s

prova Lefranc 4: eseguita tra 21.00 e 22.00 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia debolmente limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $3.90 \cdot 10^{-6}$  m/s

prova Lefranc 5: eseguita tra 31.50 e 32.00 m da pc

litologia del tratto di prova: argilla limosa/limo sabbioso

coefficiente di permeabilità calcolato:  $6.25 \cdot 10^{-7}$  m/s

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 51 di 234

identificativo: **BH-CH-PE-14**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: 6+820

quota piano campagna: 44.56

profondità: 40 m

soggiacenza misurata durante le prove: 9.0 m da pc

prova Lefranc 1: eseguita tra 11.70 e 12.00 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia con ciottoli

coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.16 \cdot 10^{-2}$  m/s

prova Lefranc 2: eseguita tra 14.70 e 15.00 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia debolmente limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $5.75 \cdot 10^{-3}$  m/s

prova Lefranc 3: eseguita tra 19.70 e 20.00 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $6.18 \cdot 10^{-3}$  m/s

prova Lefranc 4: eseguita tra 32.70 e 33.00 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia fine

coefficiente di permeabilità calcolato:  $9.12 \cdot 10^{-3}$  m/s

identificativo: **SP11**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 8+450

quota piano campagna: 31.30 m s.l.m.

profondità: 50 m

tubo pvc  $\varnothing$  3" per Cross Hole fino a 35 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.80 m da p.c. (dato acquisito in fase di perforazione il 28.10.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 30.40 m s.l.m.

identificativo: **SP14**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 10+050

quota piano campagna: 29.70 m s.l.m.

profondità: 50 m

tubo pvc  $\varnothing$  3" per Cross Hole fino a 20 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 1.70 m da p.c. (26.11.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 28.0 m s.l.m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 52 di 234

identificativo: **SP14BIS**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 10+050

quota piano campagna: 29.00 m s.l.m.

profondità: 25 m

#### **Sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con tubo cieco per prove Down Hole**

identificativo: **BH-DH-PE-06**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: 3+100

quota piano campagna: 53.24

profondità: 27 m

soggiacenza misurata durante le prove: 10.90 m da pc

#### **Sondaggi a carotaggio continuo**

identificativo: **BH-PE-01**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 0+175

quota bocca foro: 56.77 m s.l.m.

profondità: 30 m

soggiacenza misurata durante le prove: nd

identificativo: **BH-PE-02**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 1+150

quota bocca foro: 46.12 m s.l.m.

profondità: 20 m

soggiacenza misurata durante le prove: 2.50 m da pc

identificativo: **BH-PE-04**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 1+875

quota bocca foro: 53.87 m s.l.m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 53 di 234

profondità: 20 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 9.50 m da pc

identificativo: **BH-PE-05**  
anno di perforazione: 2021  
ubicazione approssimativa: km 2+370  
quota bocca foro: 48.73 m s.l.m.  
profondità: 20 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 8.00 m da pc

identificativo: **BH-PE-07**  
anno di perforazione: 2020  
ubicazione approssimativa: km 3+500  
quota bocca foro: 51.97 m s.l.m.  
profondità: 20 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 10.20 m da pc

identificativo: **BH-PE-08**  
anno di perforazione: 2020  
ubicazione approssimativa: km 3+800  
quota bocca foro: 48.75 m s.l.m.  
profondità: 19.50 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 8.30 m da pc

identificativo: **SA203R003**  
anno di perforazione: 2002  
ubicazione approssimativa: km 4+030  
quota bocca foro: 51.5 m s.l.m.  
profondità: 30 m  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 6.8 m da p.c. (dato acquisito in fase di perforazione il 06.03.2002)  
massima quota piezometrica rilevata: 44.7 m s.l.m.

identificativo: **BH-PE-09**  
anno di perforazione: 2020  
ubicazione approssimativa: km 4+880

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 54 di 234

quota bocca foro: 48.78 m s.l.m.  
profondità: 25 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 8.60 m da pc

identificativo: **BH-PE-12**  
anno di perforazione: 2020  
ubicazione approssimativa: km 6+200  
quota bocca foro: 46.60 m s.l.m.  
profondità: 25 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 10.10 m da pc

identificativo: **SA203B006**  
anno di perforazione: 2002  
ubicazione approssimativa: km 6+830  
quota piano campagna: 44.6 m s.l.m.  
profondità: 40 m  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 8.4 m da pc (dato acquisito in fase di perforazione il 23.05.2002)  
massima quota piezometrica rilevata: 36.2 m s.l.m.

identificativo: **BH-PE-15**  
anno di perforazione: 2020  
ubicazione approssimativa: km 7+480  
quota bocca foro: 42.40 m s.l.m.  
profondità: 30 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 8.70 m da pc

identificativo: **BH-PE-16**  
anno di perforazione: 2020  
ubicazione approssimativa: km 7+900  
quota bocca foro: 32.58 m s.l.m.  
profondità: 55 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 0.70 m da pc

identificativo: **BH-PE-16 bis**  
anno di perforazione: 2021

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RHGE0000003C

Foglio

55 di 234

ubicazione approssimativa: km 7+900  
quota bocca foro: 32.58 m s.l.m.  
profondità: 50 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 1.00 m da pc

identificativo: **BH-PE-17**  
anno di perforazione: 2020  
ubicazione approssimativa: km 8+250  
quota bocca foro: 31.39 m s.l.m.  
profondità: 50 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 0.90 m da pc  
eseguite n.3 prove Lefranc

identificativo: **BH-PE-18 bis**  
anno di perforazione: 2021  
ubicazione approssimativa: km 8+800  
quota bocca foro: 31.44 m s.l.m.  
profondità: 50 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 1.30 m da pc

identificativo: **BH-PE-20**  
anno di perforazione: 2020  
ubicazione approssimativa: km 9+900  
quota bocca foro: 28.89 m s.l.m.  
profondità: 55 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 0.50 m da pc

identificativo: **BH-PE-20 bis**  
anno di perforazione: 2021  
ubicazione approssimativa: km 9+900  
quota bocca foro: 28.89 m s.l.m.  
profondità: 5 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 0.95 m da pc

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 56 di 234

### Sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con piezometro a tubo aperto

identificativo: **BH-PZ-PE-03**

anno di perforazione: 2021

ubicazione approssimativa: km 1+270

quota bocca foro: 47.41 m s.l.m.

profondità: 50 m

tratto filtrante: tra 5 e 22 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0. m da bf (2021)

identificativo: **XA203B004**

anno di perforazione: 2002

ubicazione approssimativa: km 5+175

quota bocca foro: 40.5 m s.l.m.

profondità: 30 m

tratto filtrante: tra 3 e 30 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.55 m da bf (non riportata - probabile 2002)

massima quota piezometrica rilevata: 39.95 m s.l.m.

prova Lefranc: eseguita tra 13.75 e 14.55 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia medio fine limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.03 \cdot 10^{-5}$  m/s

identificativo: **XA203B005**

anno di perforazione: 2002

ubicazione approssimativa: km 6+300

quota bocca foro: 45.4 m s.l.m.

profondità: 40 m

tratto filtrante: tra 3 e 40 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 7.80 m da bf (non riportata - probabile 2002)

massima quota piezometrica rilevata: 37.6 m s.l.m.

prova Lefranc: eseguita tra 19.50 e 20.00 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia limosa ghiaiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.13 \cdot 10^{-5}$  m/s

identificativo: **BH-PZ-PE-18**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 8+800

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 57 di 234

quota bocca foro: 30.90 m s.l.m.  
profondità: 15 m  
tratto filtrante: tra 3 e 12 m da bf  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 1.35 m da bf (2021)  
prova Lefranc 1: eseguita tra 2.30 e 2.50 m da pc  
litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa  
coefficiente di permeabilità calcolato:  $6.35 \cdot 10^{-5}$  m/s  
prova Lefranc 2: eseguita tra 4.30 e 4.50 m da pc  
litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa  
coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.42 \cdot 10^{-4}$  m/s  
prova Lefranc 3: eseguita tra 7.30 e 7.60 m da pc  
litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa  
coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.52 \cdot 10^{-4}$  m/s

identificativo: **XA203P008**  
anno di perforazione: 2002  
ubicazione approssimativa: km 9+000  
quota bocca foro: 30.5 m s.l.m.  
profondità: 40 m  
tratto filtrante: tra 3 e 40 m da bf  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.6 m da b.f. (2002)  
massima quota piezometrica rilevata: 29.9 m s.l.m.  
prova Lefranc 1: eseguita tra 10.5 e 11.5 m da pc  
litologia del tratto di prova: sabbia medio fine deb. limosa  
coefficiente di permeabilità calcolato:  $9.92 \cdot 10^{-6}$  m/s

identificativo: **BH-PZ-PE-19**  
anno di perforazione: 2020  
ubicazione approssimativa: km 9+580  
quota bocca foro: 29.57 m s.l.m.  
profondità: 55 m  
tratto filtrante: tra 2 e 40 m da bf  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 1.00 m da bf (2021)

identificativo: **XA203P009**  
anno di perforazione: 2002

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 58 di 234

ubicazione approssimativa: km 10+000  
quota bocca foro: 30.2 m s.l.m.  
profondità: 50 m  
tratto filtrante: tra 3 e 47 m da bf  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.37 m da b.f. (2002)  
massima quota piezometrica rilevata: 29.83 m s.l.m.  
prova Lefranc 1: eseguita tra 9.5 e 10.0 m da pc  
litologia del tratto di prova: sabbia medio fine  
coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.17 \cdot 10^{-5}$  m/s

identificativo: **SPA2**

anno di perforazione: 2015  
ubicazione approssimativa: km 1+570  
quota piano campagna: n.d.  
profondità: 20 m  
tratto filtrante: tra 3 e 20 m da bf  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 1.22 m da bf (rilevata in fase di perforazione il 31.05.2018)  
massima quota piezometrica rilevata: 45.28

identificativo: **SPA5**

anno di perforazione: 2014  
ubicazione approssimativa: km 5+150  
quota piano campagna: 47.12 m s.l.m.  
profondità: 30 m  
tratto filtrante: tra 3 e 30 m da bf  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 6.81 m da bf (30.06.2018)  
massima quota piezometrica rilevata: 40.31 m s.l.m.  
prova Lefranc n.1: eseguita tra 10.5 e 11.0 m da pc  
litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa  
coefficiente di permeabilità calcolato:  $4.26 \cdot 10^{-5}$  m/s  
prova Lefranc n.2: eseguita tra 18.0 e 18.7 m da pc  
litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa  
coefficiente di permeabilità calcolato:  $2.81 \cdot 10^{-5}$  m/s

identificativo: **SPA8**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 59 di 234

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 6+470

quota piano campagna: 43.87 m s.l.m.

profondità: 30 m

tratto filtrante: tra 3 e 20 m da b.f.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 5.84 m da pc (dato acquisito in fase di perforazione il 11.08.2016)

massima quota piezometrica rilevata: 38.03 m s.l.m.

prova Lefranc n.1: eseguita tra 7.5 e 8.0 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.15 \cdot 10^{-4}$  m/s

prova Lefranc n.2: eseguita tra 13.5 e 14.0 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia ghiaiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $6.73 \cdot 10^{-5}$  m/s

identificativo: **SPA9**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 7+613

quota piano campagna: 42.35 m s.l.m.

profondità: 35 m

tratto filtrante: tra 8 e 20 m da b.f.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 8.14 m da pc (27.07.2018)

massima quota piezometrica rilevata: 34.21 m s.l.m.

identificativo: **SPA9bis**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 8+050

quota piano campagna: 31.90 m s.l.m.

profondità: 40 m

tratto filtrante: tra 11 e 20 m da b.f.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.18 m da pc (20.10.2016)

massima quota piezometrica rilevata: 31.68 m s.l.m.

identificativo: **SPCA10 (SPA10)**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 7+651

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 60 di 234

quota piano campagna: 32.62 m s.l.m.  
profondità: 40 m  
tratto filtrante: tra 20 e 35 m da b.f.  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): +1 m (saliente sul p.c.)  
massima quota piezometrica rilevata: 33.62 m s.l.m.

identificativo: **SPA12bis**

anno di perforazione: 2014  
ubicazione approssimativa: 8+850  
quota piano campagna: 30.80 m s.l.m.  
profondità: 40 m  
tratto filtrante: tra 3 e 20 m da b.f.  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.90 m da pc (17.12.2014)  
massima quota piezometrica rilevata: 29.83 m s.l.m.

identificativo: **SPAA13**

anno di perforazione: 2014  
ubicazione approssimativa: km 9+250  
quota piano campagna: 29.40 m s.l.m.  
profondità sondaggio: 50 m  
profondità piezometro superficiale: 13.8 m  
profondità piezometro profondo: 35.6 m  
tratto filtrante piezometro superficiale: da 7.8 a 13.8 m da b.f.  
tratto filtrante piezometro profondo: da 29.6 a 35.6 m da b.f.  
minima soggiacenza rilevata nel piezometro superficiale (data della misura): 0.54 m da pc (17.12.2014)  
minima soggiacenza rilevata nel piezometro profondo (data della misura): 0.22 m da pc (17.12.2014)  
massima quota piezometrica rilevata nel piezometro superficiale: 28.77 m s.l.m.  
massima quota piezometrica rilevata nel piezometro superficiale: 29.09 m s.l.m.

identificativo: **SPA13BIS**

anno di perforazione: 2014  
ubicazione approssimativa: 9+675  
quota piano campagna: 29.40 m s.l.m.  
profondità: 40 m  
tratto filtrante: da 3 a 20 m da b.f.  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.13 m da pc (19.01.2015)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 61 di 234

massima quota piezometrica rilevata: 29.22 m s.l.m.

### Sondaggi a distruzione di nucleo attrezzati con piezometro a tubo aperto

identificativo: **SDC7**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 5+625

quota piano campagna: 45.83 m s.l.m.

quota bocca foro: 46.08 m s.l.m.

profondità: 20 m

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 6.40 m da pc (30.06.2018)

massima quota piezometrica rilevata: 39.43 m s.l.m.

prova Lefranc n.1: eseguita tra 8.0 e 8.5 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $7.64 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc n.2: eseguita tra 10.0 e 10.5 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $8.26 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc n.3: eseguita tra 12.0 e 12.5 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia debolmente limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $5.36 \cdot 10^{-6}$  m/s

prova Lefranc n.4: eseguita tra 15.0 e 15.5 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia debolmente limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.02 \cdot 10^{-5}$  m/s

identificativo: **SDA12**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 8+860

quota piano campagna: 31.144 m s.l.m.

profondità: 20 m

tratto filtrante: da 6 a 18 m da b.f.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.40 m da pc (13.11.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 30.74 m s.l.m.

identificativo: **SDA15**

anno di perforazione: 2014

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 62 di 234</p>

ubicazione approssimativa: km 10+025

quota piano campagna: 29.104 m s.l.m.

profondità: 20 m

tratto filtrante: tra 3 e 20 m da b.f.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.74 m da pc (29.10.2020)

massima quota piezometrica rilevata: 28.30 m s.l.m.

#### 4.1.2 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

La tratta 1 si sviluppa per una lunghezza di circa 10 km a partire della località Borgo Venezia del Comune di Verona, attraverso il Comune di S. Martino Buon Albergo, terminando nel territorio comunale di Zevio (Figura 31).

Il tratto in oggetto si sviluppa su un'area sub-pianeggiante, leggermente degradante verso Sud-Est, con pendenza media dello 0.25% e quote altimetriche all'incirca variabili tra 57 e 29 m s.l.m..

I principali elementi morfologici sono rappresentati dalle scarpate di delimitazione tra il terrazzo della conoide antica e quelle del Diluvium recente e delle alluvioni attuali del F. Adige, che si sviluppano in vicinanza del primo tratto ferroviario e che hanno riflessi sull'idrogeologia e l'idrografia del settore.

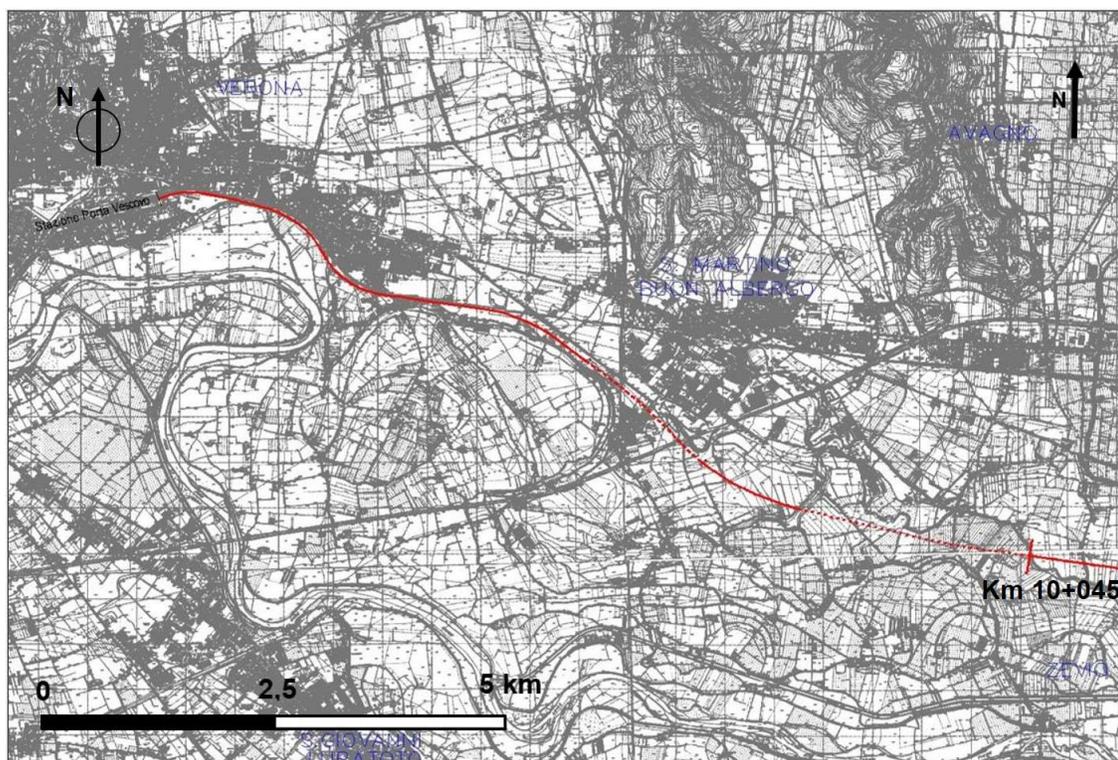


Figura 31 - Inquadramento territoriale del tratto 1.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 63 di 234</p>

Da un punto di vista altimetrico i terrazzi delle alluvioni attuali e del Diluvium tardivo del F. Adige sono ribassati di circa 8-10 m rispetto al terrazzo della conoide antica (Diluvium recente) e interessati dalla presenza di evidenti tracce di paleoalvei dell'Adige attualmente occupati da idrografia secondaria, perlopiù connessa al reticolo irriguo del settore, anche alimentata da sorgenti di terrazzo (come in vicinanza della località la Sorgente) che determinano lo sfioro delle acque di prima falda alla base della scarpata morfologica che separa le diverse unità morfostratigrafiche.

Per quanto attiene gli aspetti idrografici, oltre al fitto reticolo idrografico che si sviluppa intensamente in buona parte del settore circostante, i principali corsi d'acqua che attraversano il tratto interessato dall'opera sono rappresentati dal T. Rosella che viene intersecato all'incirca all'altezza del km 5+300, un corso d'acqua minore intersecato al km 6+250, e il T. Fibbio, che sarà attraversato all'incirca al km 10+00 mediante un viadotto da realizzare a partire dal km 7+655 in corrispondenza dell'orlo di scarpata tra il Diluvium recente (FgW) e quello tardivo (FgWt).

Per quanto attiene la litologia, il tratto 1 si sviluppa per la maggior parte al di sopra dei terreni alluvionali della conoide antica dell'Adige (FgW) e, solo nel tratto terminale, al di sopra del terrazzo più recente del T. Fibbio (FgWt), che, come già evidenziato, risulta altimetricamente ribassato di circa 10 m, rispetto al precedente.

In entrambi i casi si tratta di depositi di origine fluvioglaciale, attribuiti a due successive fasi della glaciazione wurmiana. Queste unità sono costituite principalmente da ciottoli, ghiaie e sabbie debolmente limose, con spessori complessivi che possono superare il centinaio di metri.

Come evidenziato negli elaborati di carta idrogeologica e profilo idrogeologico, nel tratto all'incirca compreso tra i km 5+000 e 7+600, dove il tracciato si sviluppa al di sopra del fluvioglaciale wurmiano, le caratteristiche litologiche del sottosuolo sono contraddistinte da una prima litozona, costituita da alluvioni a prevalenza ghiaioso-sabbiosa, avente spessore variabile tra 8 e 10 m da p.c., che in profondità passa a una seconda litozona prevalentemente sabbiosa (sabbie, da medie a fini, talora ghiaiose in matrice da debolmente limosa a limosa) che si rinvia sino a una profondità variabile tra circa 23.5 e 33 m da p.c.. Al di sotto di questa litozona compare il primo significativo livello a litologia limoso-argillosa, contraddistinto da uno spessore variabile tra circa 3 e 9 m, posto a profondità variabili tra circa 23.5 e 29 m dal p.c., a cui fanno seguito ulteriori alluvioni a litologia prevalentemente sabbioso-ghiaiosa.

Questo livello limoso-argilloso determina una parziale compartimentazione dell'acquifero freatico e, quanto meno localmente, consente di individuare una prima falda libera da una sottostante seconda falda semiconfinata.

Le due falde presentano un carico idraulico leggermente differenziato con la sottostante falda semiconfinata che è leggermente più saliente rispetto alla soprastante falda libera. Tale condizione è stata rilevata con le misure eseguite nel sondaggio SPAA13 in cui sono stati inseriti, e adeguatamente separati con bentonite, due piezometri a tubo aperto, un primo fenestrato nel primo strato sabbioso rinvenuto sino

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 64 di 234

alla profondità di circa 23 dal p.c., un secondo nello strato sabbioso sottostante una lente di argilla limosa riscontrata tra circa 23 e 28 m dal p.c., che hanno evidenziato una differenza di carico idraulico di circa 20-30 cm tra le falde captate.

Nel tratto successivo, sino al km 10+045 (elaborato IN1711EI2P5GE0000025C), dove il tracciato si sviluppa al di sopra del terrazzo del Wurm tardivo formato dalla piana alluvionale del T. Fibbio, si rileva una situazione che nel complesso è sostanzialmente analoga a quella precedente, ma contraddistinta da minore presenza di sedimenti coesivi e dalla netta predominanza di materiali a prevalenza sabbiosa che formano la maggior parte del sottosuolo fino alla massima profondità investigata dai sondaggi.

In questo tratto lo strato più superficiale, avente spessore medio di circa 2-4 m, è generalmente formato da sedimenti limoso argillosi, sovrapposti a una litozona ghiaioso-sabbiosa che si estende fino a una profondità variabile tra circa 5 e 10 m.

Questa copertura a prevalenza limoso argillosa, sebbene presenti caratteristiche di bassa permeabilità, contiene livelli di sabbie e pertanto assume un comportamento di acquitardo, presentando al suo interno un livello di saturazione che, a meno di differenze comprese tra qualche centimetro e pochi decimetri, è sostanzialmente paragonabile al livello freatico del sottostante acquifero ghiaioso-sabbioso, come peraltro evidenziato dai rilievi eseguiti nei pozzetti e dalla relativa documentazione fotografica.

Ulteriori livelli limoso argillosi, che si rinvencono a partire da profondità medie superiori a circa 20 m, risultano suddivise in più corpi lenticolari di spessore piuttosto esiguo e di minore estensione areale, inglobate, al pari di sporadiche lenti ghiaiose, nei prevalenti sedimenti sabbiosi.

Nel tratto iniziale, fino al km 7+600, la falda freatica presenta una soggiacenza, variabile a seconda delle quote del piano di campagna da un massimo di circa 10 m a un minimo di circa 6 m da p.c., che si riduce bruscamente nel tratto successivo, laddove, in ragione del salto altimetrico di circa 10 m che si verifica passando dal terrazzo del Wurm a quello del Wurm tardivo, la falda diviene sub-affiorante, essendo praticamente posta a livello del piano campagna e talora presentando caratteristiche di vera e propria artesianità con livello saliente fino a un metro al di sopra del piano campagna (piezometro SPCA10).

In prossimità della base della scarpata morfologica che separa i due terrazzi, l'intersezione tra la superficie topografica e quella piezometrica determina lo sfioro delle acque di falda che danno origine ad alcune sorgenti di terrazzo che vanno ad alimentare il fitto reticolo irriguo presente lungo la piana del T. Fibbio.

Analogamente a quanto avviene in questo settore, anche in vicinanza della prima porzione del tratto 1, all'altezza della località "la Sorgente", in Comune di S. Martino Buon Albergo, sono presenti ulteriori sorgenti di terrazzo.

Tali sorgenti, al pari dei fontanili, agiscono come sfioratori della falda decapitandone le piene e agendo in tal modo come elemento regolatore delle escursioni annue e stagionali del livello freatico.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 65 di 234

Le caratteristiche di conducibilità idraulica dell'unità a prevalenza ghiaioso-sabbiosa e sabbiosa che costituisce l'acquifero contenente la prima falda libera sono state determinate mediante l'esecuzione di prove Lefranc e da prove di pompaggio in sito.

Gli studi integrativi hanno riguardato la ricostruzione idrogeologica della zona delle risorgive tra le pk 1+200 e 1+550.

Nelle tabelle seguenti si elencano le letture piezometriche eseguite nel corso della campagna di indagine nel periodo compreso fra Novembre 2014 e Marzo 2018 per un totale di 41 mesi di monitoraggio piezometrico relativamente al tratto 1.

Tale arco temporale di misure è molto significativo per poter effettuare valutazioni relative sia alle possibili fluttuazioni del livello freatico sia alla direzione locale del flusso idrico sotterraneo.

Nella seguente Tabella 3 sono riportati i dati di minima soggiacenza attualmente disponibili, disposti in ordine crescente di progressiva, e la relativa quota piezometrica, mentre nelle Tabella 4 ÷ 4e i valori di soggiacenza rilevati nel corso di tutte le campagne di misura.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 66 di 234

Tabella 3 - Tratto 1 – Valori minimi di soggiacenza e quota piezometrica rilevati nei piezometri (2014-2018) ubicati lungo il tracciato.

TRATTO 1				
Sondaggio	Progressiva	Data del rilievo	Minima soggiacenza (m)	Quota piezom. minima (m slm)
SPA2	1+575	28.06.2016	1,39	45,11
SPA5	5+150	27.04.2016	7,19	39,93
SDC7	5+625	06.07.2016	6,64	39,19
SPA8	6+475	11.08.2016	5,84	38,03
SPA9	7+625	13.11.2014	8,20	34,15
SPA9bis	7+975	06.10.2016	0,18	31,68
SPA10	7+650	da 07.2015 in poi	1,00	in press
SDA12	8+450	13.11.2014	0,40	30,68
SPA12bis	8+875	17.12.2014	0,90	29,83
SPAA13 sup	9+250	17.12.2014	0,54	28,77
SPAA13 prof	9+250	17.12.2014	0,22	29,09
SPA13bis	9+700	19.01.2015	0,13	29,22
SDA15	10+025	27.05.2016	0,97	28,07

Tabella 4 - Tratto 1– Rilievi di soggiacenza periodo novembre 2014 – marzo 2015 espressi in m da p.c.

				ANNO 2014 - 2015											
Pk	N°	SIGLA	QUOTA (m slm)	13-nov-14	26-nov-14	17-dic-14	19-gen-15	18-feb-15	27-mar-15	20-lug-15	26-ago-15	25-set-15	23-ott-15	20-nov-15	18-dic-15
1+575	1	SPA2	46,501						1,60	1,76	1,96	1,93	1,94	1,92	2,06
5+150	2	SPA5	47,118	8,40	7,26	7,24	7,47	7,40	7,46	7,58	7,64	7,67	7,81	7,86	8,04
5+625	3	SDC7	45,826	6,85	6,70	6,66	6,90	6,83	6,87	7,21	7,24	7,36	7,58	7,70	7,96
6+475	4	SPA8	43,866			6,85	7,26	7,20	7,25	6,69	6,82	7,09	7,40	7,47	7,71
7+625	5	SPA9	42,353	8,20	9,47	9,39	9,60	9,50	9,55	9,16	8,83	8,99	9,49	9,53	9,62
7+975	6	SPA9bis	31,863		1,60	0,60	0,83	0,78	1,46	1,20	0,68	0,82	0,49	0,61	0,66
7+650	7	SPA10	32,619	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	in press.					
8+450	8	SDA12	31,079	0,40	0,98	0,85	1,08	1,02	0,95	1,11	1,09	1,06	1,05	1,06	1,09
8+875	9	SPA12bis	30,73			0,90	1,04	1,00	0,95	1,33	1,33	1,31	1,33	1,45	1,51
9+250	10	SPAA13 sup	29,307	0,65	0,58	0,54	0,72	0,66	0,70	0,67	0,70	0,69	0,69	0,80	0,86
9+250	11	SPAA13 prof	29,307	0,40	0,25	0,22	0,43	0,40	0,45	0,45	0,47	0,46	0,45	0,55	0,62
9+700	12	SPA13bis	29,348			1,16	0,13	1,24	1,33	1,25	1,28	1,25	1,26	1,36	1,42
10+025	13	SDA15	29,039		1,70	1,02	1,21	1,15	1,17	1,08	1,11	1,07	1,10	1,20	1,26

Tabella 4a - Letture di soggiacenza da Gennaio ad Agosto 2016 espresse in m da p.c.

<b>GENNAIO - AGOSTO 2016</b>												
N°	SIGLA	QUOTA (m slm)	23-gen-16	20-feb-16	5-mar-16	30-mar-16	27-apr-16	14-mag-16	27-mag-16	28-giu-16	27-lug-16	26-ago-16
1	SPA2	46,501	2,41	2,02	1,88	1,93	1,46	1,57	1,43	1,39	1,45	1,57
2	SPA5	47,118	8,28	7,88	7,54	7,68	7,19	7,43	7,30	7,3	7,41	7,31
3	SDC7	45,826	8,18	7,89	7,63	7,51	6,76	7,21	7,17	7,02	6,9	6,87
4	SPA8	43,866	7,76	7,64	7,47	7,34	corso	6,93	6,77	6,84	6,49	6,54
5	SPA9	42,353	9,55	9,52	9,57	9,49	8,82	9,24	8,80	9,41	8,8	9,11
6	SPA9bis	31,863	1,15	0,70	1,14	1,07	0,51	1,21	1,04	0,82	0,92	0,86
7	SPA10	32,619	in press.									
8	SDA12	31,079	1,15	1,1	1,06	1,13	0,96	1,07	1,03	1,1	1,16	1,12
9	SPA12bis	30,73	1,56	1,43	1,35	1,43	1,37	1,33	1,28	1,23	1,19	1,22
10	SPAA13 sup	29,307	0,89	0,78	0,69	0,81	0,74	0,69	0,66	0,65	0,6	0,65
11	SPAA13 prof	29,307	0,66	0,55	0,45	0,55	0,48	0,44	0,40	0,36	0,38	0,38
12	SPA13bis	29,348	1,45	1,33	1,24	1,35	1,29	1,16	1,21	1,22	1,19	1,21
13	SDA15	29,039	1,28	1,14	1,02	1,14	1,08	1,02	0,97	1	1,04	0,97

Tabella 4b - Letture di soggiacenza da Settembre a Dicembre 2016 espresse in m da p.c.

<b>SETTEMBRE - DICEMBRE 2016</b>							
Pk	N°	SIGLA	QUOTA (m slm)	27-set-16	27-ott-16	29-nov-16	29-dic-16
1+575	1	SPA2	46,501	1,81	1,94	1,98	2,04
5+150	2	SPA5	47,118	7,67	7,71	7,99	8,18
5+625	3	SDC7	45,826	7,47	7,55	8,02	8,26
6+475	4	SPA8	43,866	7,25	7,27	7,79	8,01
7+625	5	SPA9	42,353	9,36	9,58	9,7	9,76
7+975	6	SPA9bis	31,863	0,18	0,46	0,98	1,5
7+650	7	SPA10	32,619	in press.	in pressione	in pressione	in pressione
8+450	8	SDA12	31,079	1,16	1,14	1,06	1,16
8+875	9	SPA12bis	30,73	1,28	1,23	1,21	1,3
9+250	10	SPAA13 sup	29,307	0,74	0,69	0,72	0,83
9+250	11	SPAA13 prof	29,307	0,5	0,46	0,5	0,61
9+700	12	SPA13bis	29,348	1,32	1,26	1,29	1,41
10+025	13	SDA15	29,039	1,16	1,09	1,13	1,27

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 68 di 234

Tabella 4c: Letture di soggiacenza da Gennaio ad Agosto 2017 espresse in m da p.c.

GENNAIO - AGOSTO 2017												
Pk	N°	SIGLA	QUOTA (m slm)	27-gen	3-mar	24-mar	29-mar	29-apr	25-mag	30-giu	27-lug	30-ago
1+575	1	SPA2	46,501	2,35	2,38	2,34	2,34	2,36	1,86	2,07	2,31	2,69
5+150	2	SPA5	47,118	8,50	8,48	8,26	8,26	7,93	7,7	7,85	8,14	8,46
5+625	3	SDC7	45,826	8,56	8,57	8,34	8,34	7,57	7,36	7,45	7,69	8,07
6+475	4	SPA8	43,866	8,27	8,33	7,36	7,36	6,99	6,92	6,18	7,01	7,18
7+625	5	SPA9	42,353	9,82	9,8	9,66	9,66	9,45	9,11	9,02	8,90	9,26
7+975	6	SPA9bis	31,863	0,93	0,92	1,79	1,79	0,68	1,38	1,46	1,44	1,68
7+650	7	SPA10	32,619	#RIF!	in press							
8+450	8	SDA12	31,079	1,27	1,14	1,26	1,26	1,06	1,16	1,20	1,21	1,29
8+875	9	SPA12bis	30,73	1,38	1,43	1,52	1,52	1,25	1,33	1,35	1,39	1,43
9+250	10	SPAA13 sup	29,307	0,92	0,87	0,87	0,87	0,59	0,68	0,69	0,74	0,80
9+250	11	SPAA13 prof	29,307	0,71	0,66	0,67	0,67	0,41	0,45	0,50	0,58	0,63
9+700	12	SPA13bis	29,348	1,50	1,45	1,44	1,44	1,18	1,27	1,25	1,36	1,42
10+025	13	SDA15	29,039	1,36	1,31	1,28	1,28	1,03	1,11	1,06	1,19	1,25

Tabella 4d: Letture di soggiacenza da Settembre a Dicembre 2017 espresse in m da p.c.

SETTEMBRE - DICEMBRE 2017									
Pk	N°	SIGLA	NORD	EST	QUOTA (m slm)	27-29 set 2017	26+28-ott-17	28/11/2017	28-30/12/2017
1+575	1	SPA2	5033060,2	1659807,6	46,501	2,61	2,72	2,82	2,63
5+150	2	SPA5	5031461,7	1662841,6	47,118	8,24	8,6	8,67	8,55
5+625	3	SDC7	5031149,6	1663216,8	45,826	8,23	8,62	8,70	8,57
6+475	4	SPA8	5030560,5	1663809,9	43,866	7,96	8,28	8,35	8,03
7+625	5	SPA9	5029968,7	1664759,1	42,353	9,72	9,91	9,85	9,74
7+975	6	SPA9bis	5030022,5	1665162,7	31,863	1,65	1,47	1,20	0,83
7+650	7	SPA10	5029966,9	1664830,2	32,619	in pressione	in press	in press	in press.
8+450	8	SDA12	5029846,8	1665613,6	31,079	1,27	1,35	1,26	1,28
8+875	9	SPA12bis	5029701,9	1665998,6	30,73	1,45	1,55	1,50	1,47
9+250	10	SPAA13 sup	5029615,7	1666350,2	29,307	0,81	0,9	0,77	0,85
9+250	11	SPAA13 prof	5029615,7	1666350,2	29,307	0,62	0,73	0,61	0,66
9+700	12	SPA13bis	5029539,6	1666789,2	29,348	1,39	1,49	1,37	1,4
10+025	13	SDA15	5029443,1	1667127,7	29,039	1,16	1,29	1,16	1,19

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 69 di 234

Tabella 4e: Letture di soggiacenza da Gennaio a Marzo 2018 espresse in m da p.c.

<b>Gennaio - Marzo 2018</b>								
Pk	N°	SIGLA	QUOTA (m s.l.m.)	28-set-17	28-nov-17	1-3/02/2018	27-feb-18	23-mar-18
1+575	1	SPA2	46,501	2,61	2,82	2,21	2,32	1,69
5+150	2	SPA5	47,118	8,24	8,67	8,4	8,47	8,17
5+625	3	SDC7	45,826	8,23	8,70	8,49	8,53	8,24
6+475	4	SPA8	43,866	7,96	8,35	8,13	8,22	7,95
7+625	5	SPA9	42,353	9,72	9,85	9,73	9,81	9,74
7+975	6	SPA9bis	31,863	1,65	1,20	1,16	1,21	1,43
7+650	7	SPA10	32,619	in pressione	in press	in press		in press
8+450	8	SDA12	31,079	1,27	1,26	1,23	1,16	1,13
8+875	9	SPA12bis	30,73	1,45	1,50	1,41	1,54	1,38
9+250	10	SPAA13 sup	29,307	0,81	0,77	0,81	0,90	0,74
9+250	11	SPAA13 prof	29,307	0,62	0,61	0,64	0,72	0,53
9+700	12	SPA13bis	29,348	1,39	1,37	1,38	1,45	1,23
10+025	13	SDA15	29,039	1,16	1,16	1,22	1,29	1,02

Per quanto attiene la morfologia della superficie piezometrica e la direzione del flusso idrico sotterraneo, che rappresenta un ulteriore importante elemento per definire la potenziale interferenza tra opera e falda idrica, alcune valutazioni possono essere eseguite analizzando la carta idrogeologica della pianura veronese riportata nei documenti redatti a corredo del PTCP della Provincia di Verona (un cui stralcio è mostrato in Figura 5), che è stata ripresa per la predisposizione delle carte idrogeologiche riportate negli elaborati di carta idrogeologica e profilo idrogeologico e nello stralcio in Figura 32. La carta idrogeologica redatta a corredo del PAT di Verona, già descritta in un precedente capitolo, riporta indicazioni sostanzialmente analoghe a quella del PTCP.

Questa elaborazione individua una direzione di falda che, per il tratto 1, presenta andamento NNW-SSE, con gradiente idraulico del 0.2% e quote piezometriche variabili tra circa 44 m s.l.m. presso la stazione di Verona Porta Vescovo e circa 29 m s.l.m. presso il tratto terminale del tratto, mentre il gradiente idraulico, da iniziali valori dello 0.2-0.3% si incrementa fino a valori dello 0.5%.

Nella medesima cartografia sono riportati anche i valori di minima soggiacenza e di massima quota piezometrica rilevati nella rete di piezometri realizzati nel 2014-2015 nell'ambito del progetto definitivo.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 70 di 234</p>

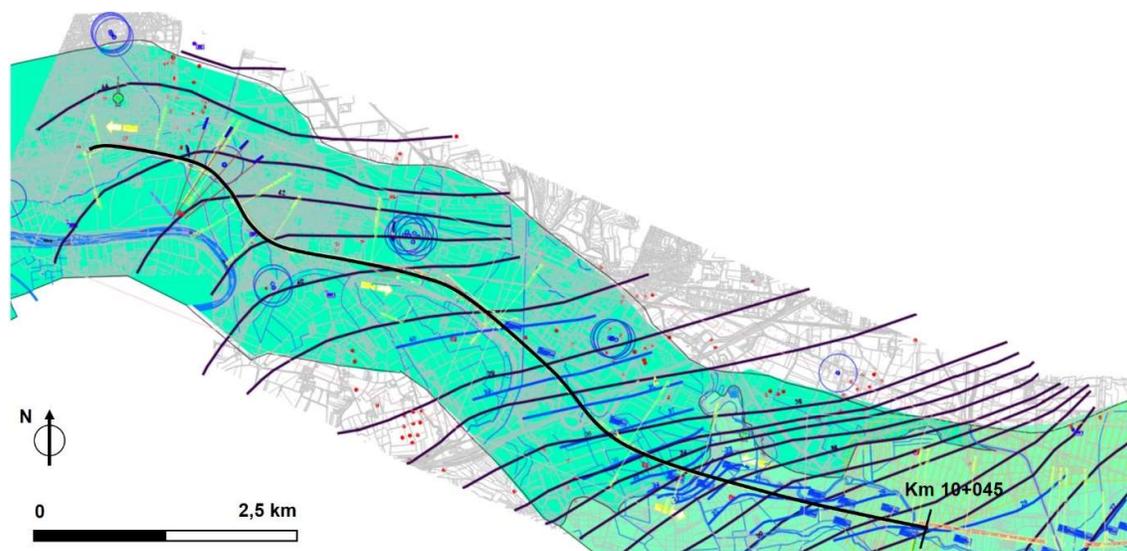


Figura 32 - Superficie piezometrica della falda nell'intorno del tratto 1 (km 0+000 – 10+045).

In base a queste misure è stata ipotizzata anche una superficie piezometrica che presenta alcune approssimazioni connesse alle seguenti motivazioni:

- la disposizione dei piezometri lungo il tracciato non consente di estendere la ricostruzione lateralmente al tracciato ferroviario e, pertanto, di definire con precisione la direzione del flusso idrico sotterraneo;
- il differimento nella realizzazione dei piezometri determina che per alcuni di essi si disponga di un numero inferiore di campagne piezometriche che spesso non consente di rilevare il massimo innalzamento della falda registrato nel periodo di controllo; per tale motivo alcune quote piezometriche sono difficilmente correlabili con quelle di piezometri limitrofi e anche il gradiente piezometrico potrebbe non essere del tutto realistico;
- un altro motivo che talora non consente la correlazione tra piezometri limitrofi è connesso alla tipologia del piezometro; qualora lo stesso sia di tipo Casagrande il carico piezometrico puntuale restituito dal medesimo potrebbe non essere del tutto correlabile con quello medio dello spessore interessato dal tratto filtrante nei piezometri a tubo aperto.

In ogni caso le quote piezometriche rilevate durante le più recenti campagne di misura risultano di circa 1 m più alte di quelle ricostruite nell'elaborazione riportata nel PTCP, ma, visto lo scarso numero di dati disponibili, ciò potrebbe non essere affatto rappresentativo dell'entità delle escursioni annuali e stagionali del livello freatico.

Per avere ulteriori indicazioni temporalmente estese della fluttuazione della falda nel settore circostante l'area in oggetto, si può fare riferimento ai già discussi dati delle reti di controllo piezometrico della

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 71 di 234

Provincia di Verona e di ARPAV, che pur essendo perlopiù posizionati a distanza significativa dal tracciato ferroviario, consentono di fornire le seguenti indicazioni di massima.

Le fluttuazioni freatiche rilevate nei punti della rete di controllo posti in vicinanza del margine prealpino (pozzi di Lavagno e Rota di Caldiero) evidenziano un regime di portata della falda principalmente connesso agli afflussi meteorici, con oscillazioni perlopiù irregolari sia nell'entità delle escursioni che nei mesi di massima elevazione della falda; le fluttuazioni stagionali evidenziano significativi valori di escursione che in particolari annate piovose sono risultate anche superiori a 4 m.

Sebbene tali pozzi siano ubicati in corrispondenza della conoide minore del T. D'Illassi, in un contesto idrogeologico non del tutto rappresentativo di quello interessato dal tracciato ferroviario, tali informazioni dovranno essere tenute nella dovuta considerazione.

I diagrammi relativi ai pozzi ubicati nella conoide del F. Adige, in corrispondenza del bacino idrogeologico dell'alta pianura (pozzo n. 12 di San Massimo) manifestano invece un'oscillazione freatica ciclica con massime elevazioni della falda nel periodo autunnale e minime in quello primaverile. Anche in questo pozzo si sono comunque rilevate escursioni freatiche estremamente significative contraddistinte da valori anche prossimi a 4 m.

I diagrammi relativi ai pozzi ubicati nella conoide del F. Adige, in corrispondenza dell'unità idrogeologica della media pianura (pozzi di San Giovanni Lupatoto e di Zevio), riflettono anch'essi un'oscillazione freatica principalmente regolata dal regime irriguo, in quanto evidenziano, analogamente al pozzo precedente, le tipiche e cicliche escursioni stagionali contraddistinte da massimi innalzamenti nel periodo estivo o tardo estivo e da minimi in quello primaverile. Tuttavia, la loro vicinanza alla fascia dei fontanili o a sorgenti di terrazzo determina escursioni annue piuttosto modeste che sono mediamente pari a 1 m. Analoga situazione si riscontra per il pozzo F4 "Spezzapietra", le cui fluttuazioni freatiche, disponibili per un esteso arco temporale (1926-1973), evidenziano un'ampiezza delle escursioni intorno al metro, con quote piezometriche sempre mantenutesi tra circa 38 e 40 m s.l.m.

Le caratteristiche di conducibilità idraulica dell'unità a prevalenza ghiaioso-sabbiosa e sabbiosa che costituisce l'acquifero contenente la prima falda libera sono state determinate mediante l'esecuzione di prove Lefranc e da prove di pompaggio in sito.

Gli studi integrativi hanno riguardato l'analisi idrogeologica di dettaglio in corrispondenza della GA San Martino Buon Albergo con lo scopo di simulare con maggiore affidabilità l'interferenza tra falda e struttura prevista alla luce dei parametri di conducibilità idraulica ricavati dalle prove di pompaggio.

Nella seguente Tabella 5 sono riassunti i dati ricavati da tutte le prove disponibili, contestualmente alla profondità e alla litologia del tratto in prova.

Per i terreni a litologia ghiaioso sabbiosa attribuibili alla litozona più superficiale si sono ricavati valori del coefficiente di permeabilità compresi tra circa  $3 \cdot 10^{-5}$  e  $1 \cdot 10^{-2}$  m/s.

Per i terreni a litologia prevalentemente sabbiosa attribuibili alla seconda litozona si sono ricavati valori del coefficiente di permeabilità compresi tra circa  $5 \cdot 10^{-6}$  e  $1 \cdot 10^{-3}$  m/s.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 72 di 234

I valori desunti dalle prove Lefranc presentano tuttavia alcune problematiche che dovranno essere adeguatamente considerate.

In primo luogo, questi test, per le specifiche modalità di conduzione, forniscono valori puntuali del coefficiente di permeabilità, che difficilmente possono essere rappresentativi dell'intero spessore acquifero.

In secondo luogo, si tratta di prove che forniscono, nella maggior parte dei casi, valori del coefficiente di permeabilità significativamente inferiori rispetto a quelli reali, con sottostime che possono anche superare l'ordine di grandezza.

La forte dispersione dei valori, evidente dalla tabella, suggerisce di adottare valori cautelativi che tengano conto delle possibili sottostime delle prove e della variabilità litologica a tratti imprevedibile.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 								
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;">Foglio</td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>10</td> <td>EI2RHGE0000003C</td> <td>73 di 234</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio	IN17	10	EI2RHGE0000003C	73 di 234
Progetto	Lotto	Codifica	Foglio						
IN17	10	EI2RHGE0000003C	73 di 234						

Tabella 5 - Risultati delle prove Lefranc eseguite nel tratto 1.

Sondaggio	Progressiva km	Profondità (m da p.c.)	Litologia	Conducibilità idraulica (m/s)
SPA5	5+150	10.5-11	Ghiaia sabbiosa	$4.26 \cdot 10^{-5}$
		18-18.7	Ghiaia sabbiosa	$2.81 \cdot 10^{-5}$
XA203B004	5+175	13.75-14.55	Sabbia limosa	$1.03 \cdot 10^{-5}$
BHPE10	5+328	5.5-6.0	Ghiaia	$2.34 \cdot 10^{-4}$
		9.5-10.0	Ghiaia e sabbia	$1.81 \cdot 10^{-4}$
		13.5-14.0	Sabbia e limo	$9.44 \cdot 10^{-5}$
		16.5-17.0	Sabbia fine	$2.95 \cdot 10^{-5}$
		19.5-20.0	Sabbia fine	$3.1 \cdot 10^{-5}$
		33.0-33.5	Argilla limosa	$7.65 \cdot 10^{-6}$
SDC7	5+625	8-8.5	Ghiaia sabbiosa	$7.64 \cdot 10^{-5}$
		10-10.5	Ghiaia sabbiosa	$8.26 \cdot 10^{-5}$
		12-12.5	Sabbia deb. limosa	$5.36 \cdot 10^{-6}$
		15-15.5	Sabbia deb. limosa	$1.02 \cdot 10^{-5}$
BHPE11	5+637	12.0-12.5	Ghiaia sabbiosa	$4.81 \cdot 10^{-5}$
		15.0-15.5	Sabbia limosa	$6.19 \cdot 10^{-6}$
		18.0-18.5	Sabbia limosa	$6.87 \cdot 10^{-6}$
		25.0-25.5	Sabbia debolmente limosa	$9.93 \cdot 10^{-6}$
		31.5-32.0	Argilla limosa	$6.15 \cdot 10^{-7}$
XA203B005	6+300	19.5-20	Sabbia limosa ghiaiosa	$1.13 \cdot 10^{-5}$
BHPE13	6+305	11.80-12.0	Ghiaia debolmente sabbiosa	$4.64 \cdot 10^{-5}$
		14.80-15.0	Ghiaia debolmente sabbiosa	$5.63 \cdot 10^{-5}$
		18.0-19.0	Sabbia limosa	$3.39 \cdot 10^{-6}$
		21.0-22.0	Sabbia debolmente limosa	$3.9 \cdot 10^{-6}$
		31.5-32.0	Argilla limosa	$6.25 \cdot 10^{-7}$
SPA8	6+470	7.5-8	Ghiaia sabbiosa	$1.15 \cdot 10^{-4}$
		13.5-14	Sabbia ghiaiosa	$6.73 \cdot 10^{-5}$
BHPE14	6+825	11.7-12.0	Ghiaia sabbiosa	$1.18 \cdot 10^{-2}$
		14.7-15.0	Sabbia debolmente limosa	$5.79 \cdot 10^{-3}$
		19.7-20.0	Sabbia limosa	$6.45 \cdot 10^{-3}$
		32.7-33.0	Sabbia fine con limo	$9.62 \cdot 10^{-3}$
SA203B006	6+830	23-24	Sabbia deb. limosa	$2.76 \cdot 10^{-5}$
XA203P008	9+000	10.5-11.5	Sabbia deb. limosa	$9.92 \cdot 10^{-6}$
XA203P009	10+000	9.5-10	Sabbia	$1.17 \cdot 10^{-5}$

Considerare per terreni ghiaioso-sabbiosi, valori di conducibilità idraulica analoghi a quelli ottenuti dalle succitate prove Lefranc, potrebbe condurre a errate valutazioni circa la realizzazione di opere di impermeabilizzazione in corrispondenza di manufatti interferenti con la falda.

Allo stato delle conoscenze, in luogo dei valori ricavati dalle prove Lefranc, si suggerisce l'utilizzo di valori superiori del coefficiente di permeabilità dell'ordine di quelli indicati di seguito:

- Litozone ghiaioso-sabbiose:  $k = 1 \cdot 10^{-3} \div 3 \cdot 10^{-3}$  m/s.
- Litozone sabbiose o sabbioso-ghiaiose:  $k = 5 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-3}$  m/s
- Litozone sabbioso-limose:  $k = 1 \cdot 10^{-4} \div 5 \cdot 10^{-4}$  m/s

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 74 di 234

#### 4.1.3 VALUTAZIONE DELL'INNALZAMENTO DELLA FALDA ATTESO A MEDIO/LUNGO TERMINE

Un aspetto di rilevante importanza per la progettazione delle opere riguarda la valutazione del massimo innalzamento che può essere atteso per la falda, nel breve e nel lungo termine.

In assenza di misurazioni estese per un periodo di tempo sufficiente nei piezometri realizzati lungo il tracciato ferroviario, tali valutazioni possono essere eseguite rifacendosi alle oscillazioni freatiche rilevate nei punti di controllo delle reti provinciali e Arpav, già descritte in precedenza.

La distanza esistente tra i punti della rete di controllo e il tracciato ferroviario implica alcune approssimazioni nella stima degli innalzamenti attesi a medio e lungo termine, in ragione delle quali si dovranno utilizzare condizioni di valutazione cautelative.

Per il tratto 1, come evidenziato in precedenza, le massime fluttuazioni freatiche sono state rilevate nei punti della rete di controllo posti in vicinanza del margine prealpino (pozzi di Lavagno e Rota di Caldiero), che evidenziano un regime di portata della falda principalmente connesso agli afflussi meteorici, con oscillazioni perlopiù irregolari sia nell'entità delle escursioni che nei mesi di massima elevazione della falda, con escursioni che in particolari annate piovose hanno raggiunto e superato i 4 m.

È del tutto prevedibile che in vicinanza del tracciato ferroviario le oscillazioni della falda possano difficilmente raggiungere i valori riscontrati al margine prealpino, sia in ragione della accertata riduzione dell'escursione annua che si manifesta procedendo verso Sud, sia per la presenza di sorgenti di terrazzo che esercitano un effetto di laminazione delle piene di falda e di smorzamento delle oscillazioni.

Ciononostante, sebbene i succitati pozzi siano ubicati in corrispondenza della conoide minore del T. D'Illasi, in un contesto idrogeologico non del tutto rappresentativo di quello interessato dal tracciato ferroviario, l'escursione misurata in questi punti di controllo dovrà essere presa a riferimento per la stima del possibile innalzamento della falda sul medio e sul lungo termine.

Per quanto attiene la tratta compresa tra le progressive 0+000 e 7+630 (tratto di scorrimento al di sopra del terrazzo della conoide Atesina FgW), i valori medi delle letture piezometriche effettuate sono oscillano tra - 7,5 (SPA8) e - 8,0 m (SPA5 e SDC7) da piano di campagna.

Avendo a disposizione le letture piezometriche durante i 40 mesi di monitoraggio piezometrico (da Aprile 2014 a Novembre 2018), più 4 misure eseguite tra il 26.08/2020 - 26.11.2020 si ritiene possibile adottare i seguenti livelli piezometrici di progetto a breve termine.

Opera	Pk	Falda di progetto a breve termine (m da p.c.)	Sondaggio di riferimento	Media delle misure effettuate (m da p.c.)	Delta (m)
TR	4+940	-7,5	SPA5	-8,0	+ 0,5
TR	4+925	-7,5	SPA5	-8,0	+ 0,5
GA	5+722	-7.20	SDC7	-7.9	+ 0,7
TR	7+075	-7,0	SPA8	-7.5	+ 0,5

Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

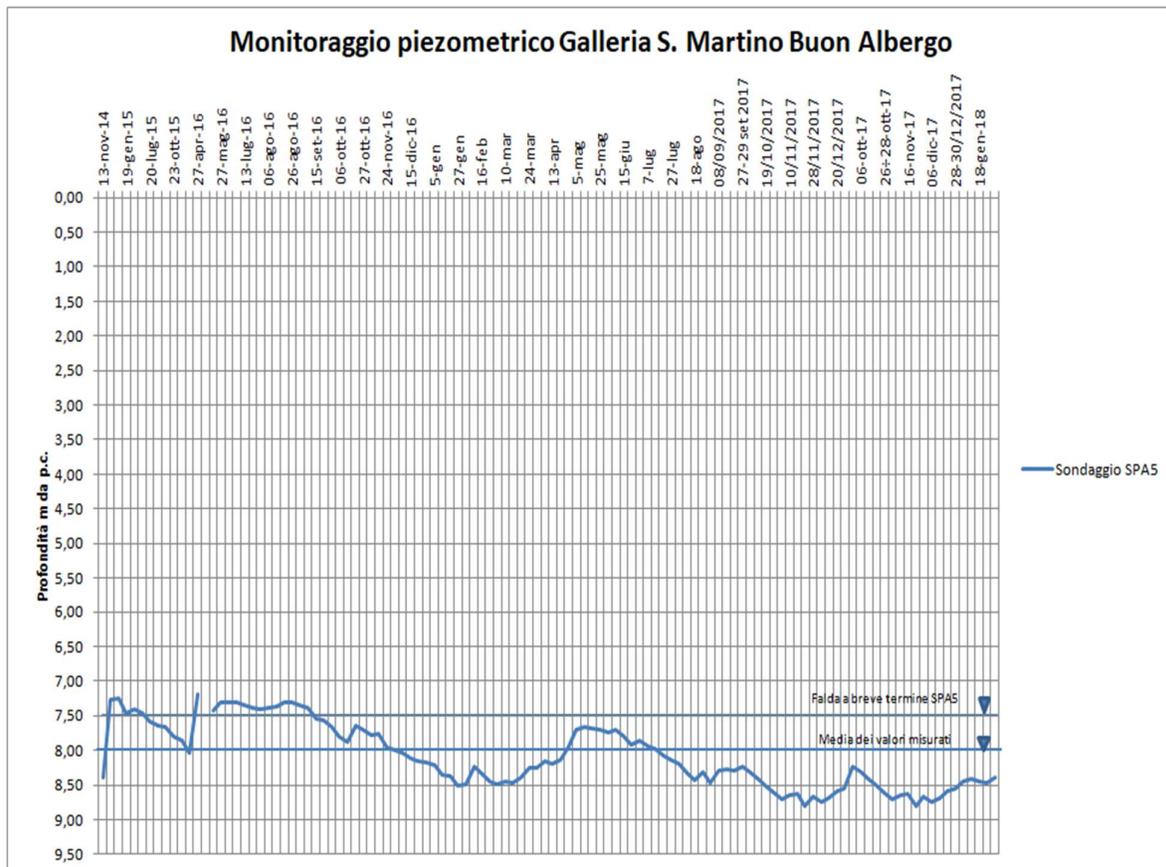
EI2RHGE0000003C

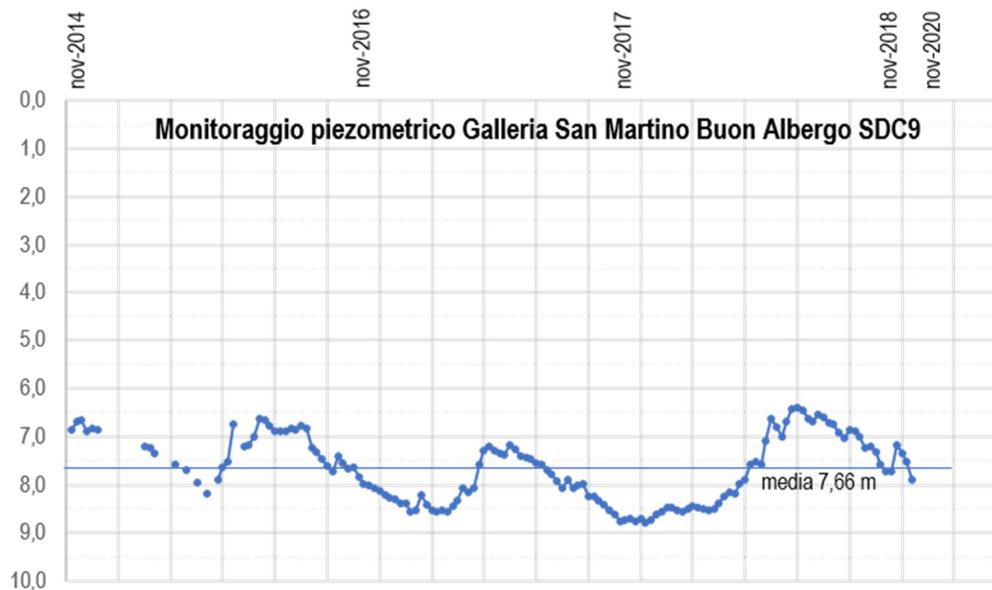
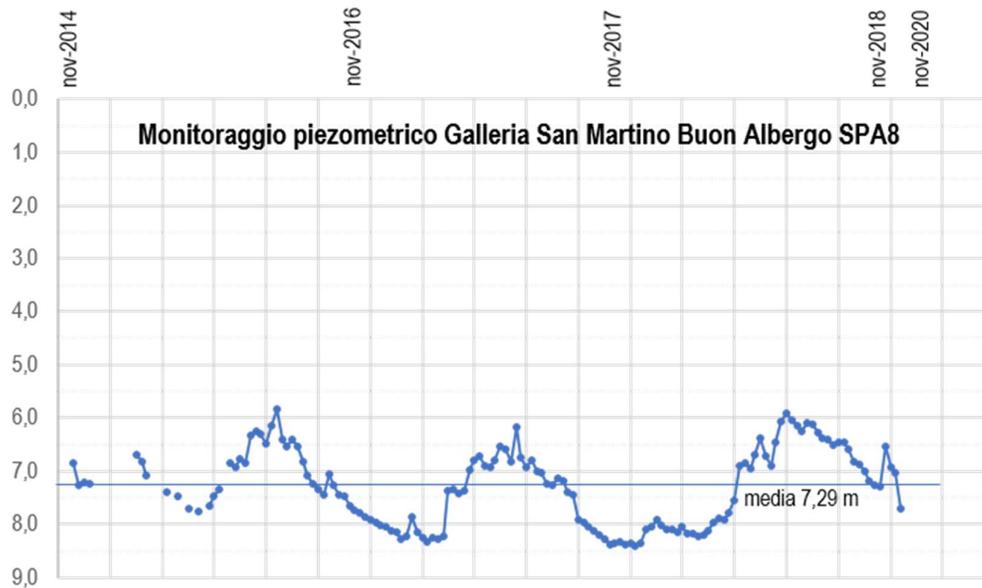
Foglio

75 di 234

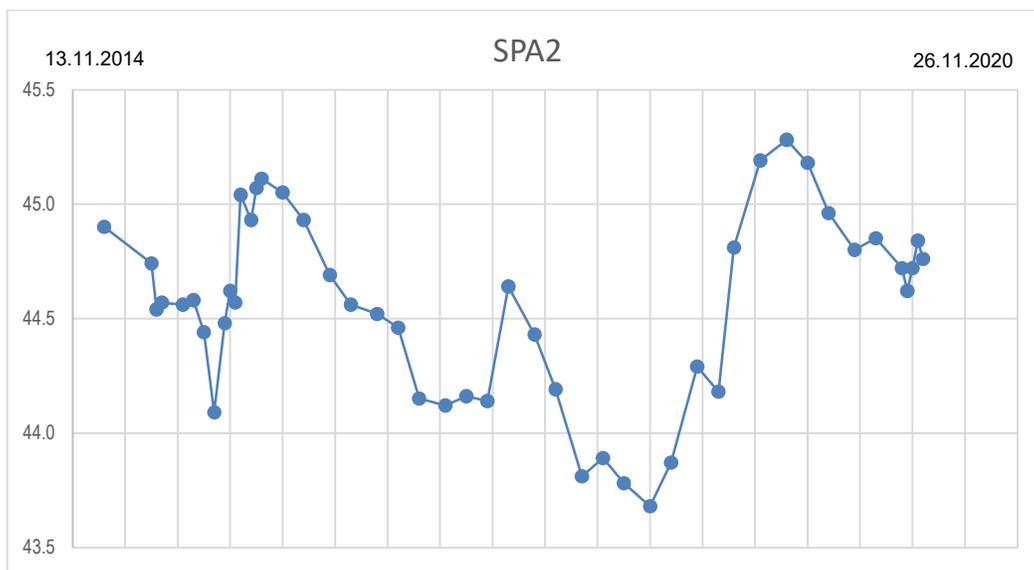
Si osserva che minori valori di soggiacenza rispetto a quelli di progetto sono stati registrati in 9 mesi su 40 mesi di monitoraggio effettuato (22%) nei sondaggi SPA5 e SPC7 e in 5 mesi su 40 (12%), nel sondaggio SPA8; tali valori sono concentrati essenzialmente nel periodo Maggio – Settembre 2016. La tendenza generale è ad un continuo abbassamento della soggiacenza della falda in particolare nell'ultimo 1,5 anni di registrazioni.

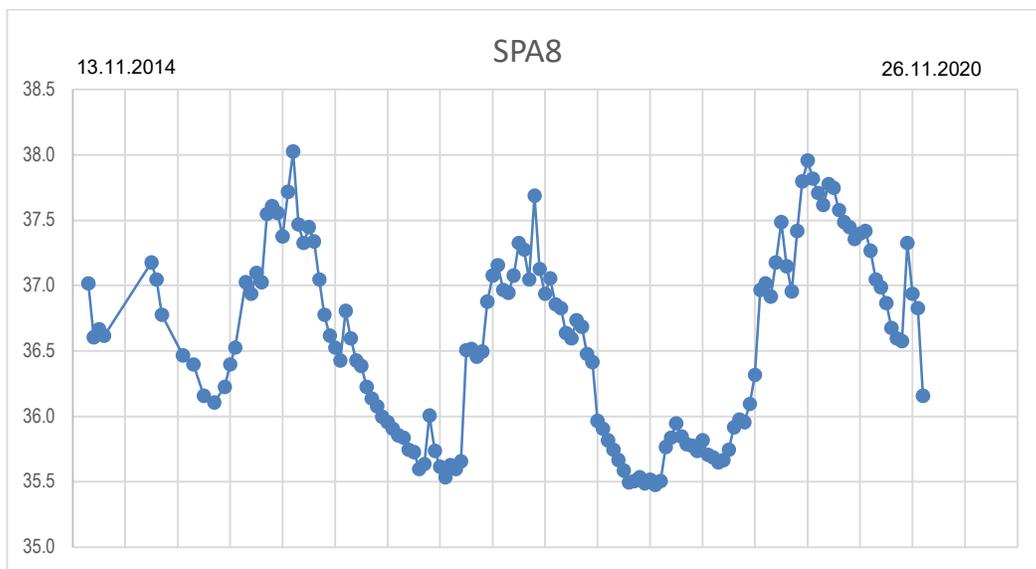
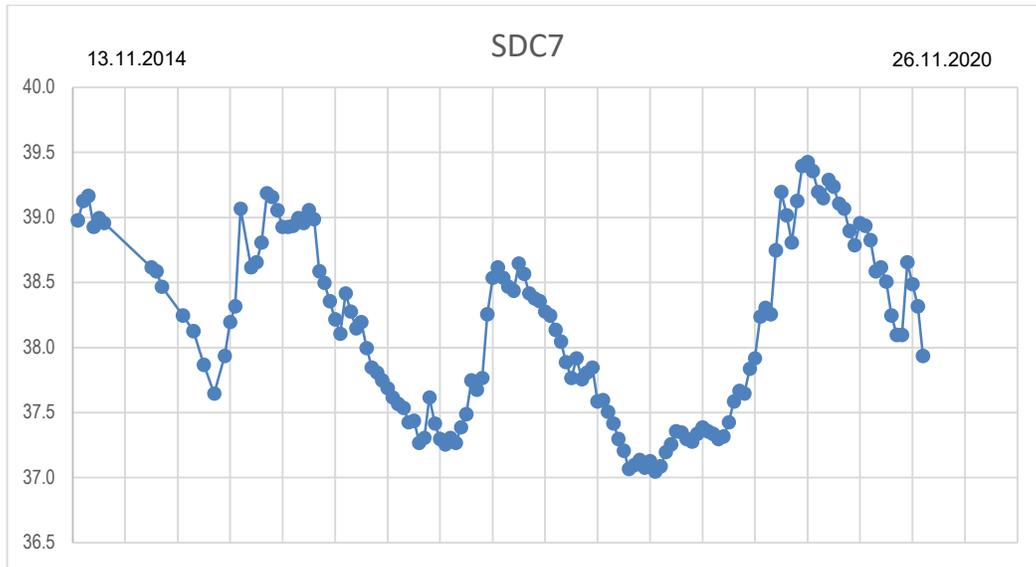
Qui di seguito si riportano i diagrammi dei valori piezometrici registrati nei 3 sondaggi di riferimento.



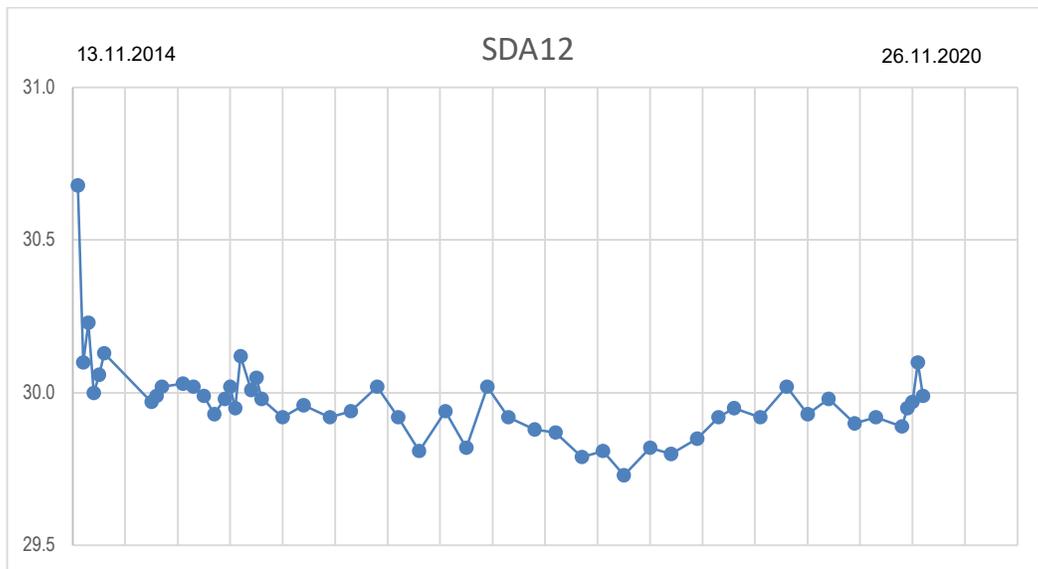
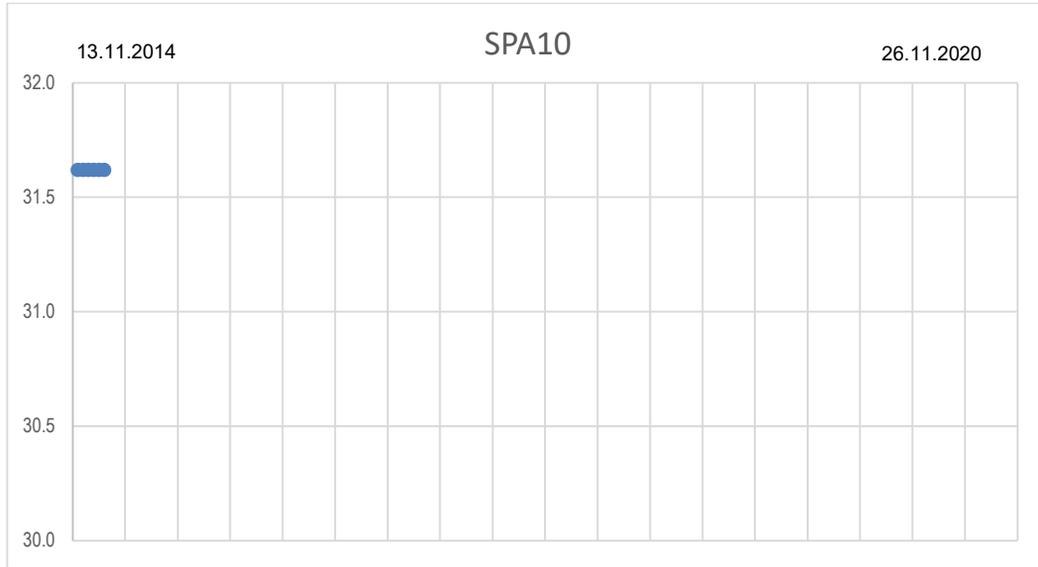


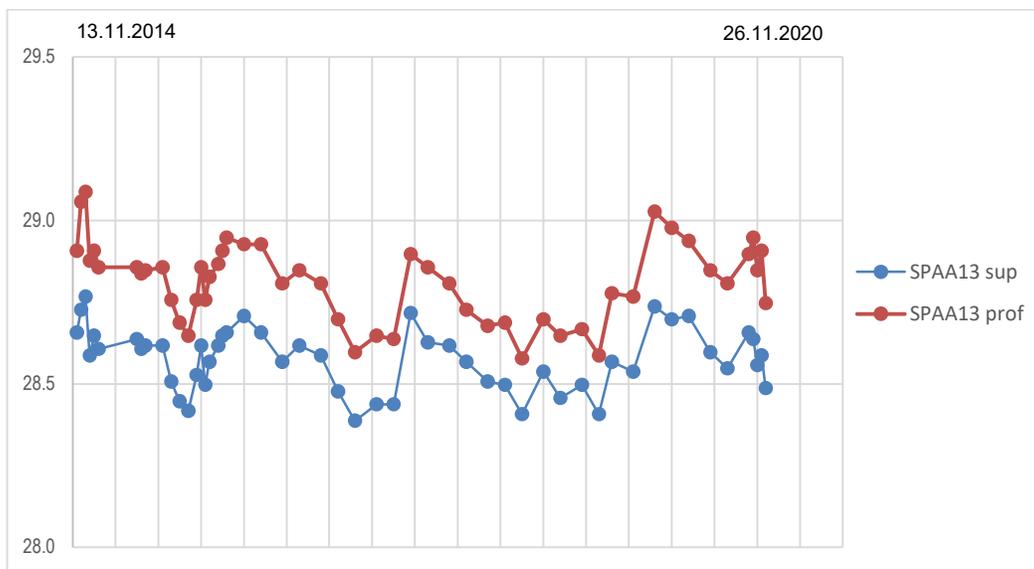
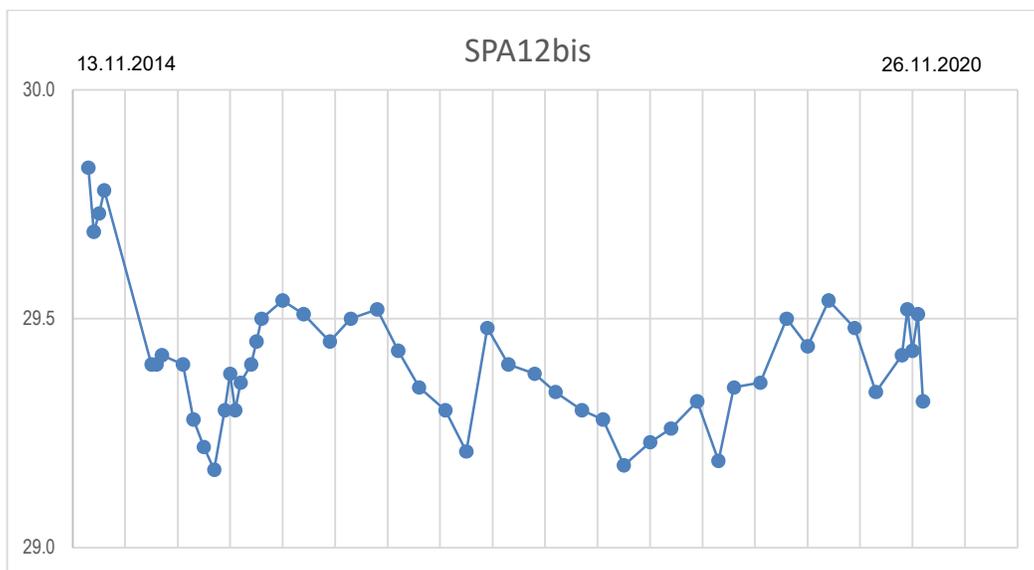
Di seguito si riportano le misure effettuate sui piezometri realizzati nel corso della progettazione lungo la tratta di interesse (dal 13.11.2014 al 26.11.2020), in termini di quote assolute s.l.m. a partire da SPA2 (Km 1+575) fino a SDA15 (10+025).













GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 83 di 234

Per quanto attiene la tratta compresa tra le progressive 7+630 e 10+045 (tratto di scorrimento al di sopra della piana del T. Fibbio - terrazzo FgWt), alla luce dei valori di soggiacenza rilevati nei piezometri si suggerisce l'utilizzo dei seguenti valori:

- falda di progetto a medio termine (un anno): piano campagna;
- falda di progetto a lungo termine: +1 m rispetto al piano campagna.

## 4.2 TRATTO TRA pk 10+045 E pk 19+160

### 4.2.1 INDAGINI E PROVE ESEGUITE

Nel corso della progettazione, a seguito della cosiddetta variante S. Bonifacio (tra le progressive 12+600 e 28+877) buona parte del tracciato è stato modificato, soprattutto nel tratto finale compreso tra le progressive 15+800 e 19+160.

Pertanto, si dispone sia delle indagini eseguite lungo l'originario tracciato che attraversava l'abitato di San Bonifacio, sia di quelle effettuate lungo il nuovo tracciato che scorre a Sud dell'abitato.

Un insieme significativo per i fini del presente inquadramento delle indagini effettuate lungo il tracciato o nelle immediate vicinanze è il seguente:

- SP17, SP22, BH3V, BH6V: sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con tubo cieco per prove Cross Hole eseguiti nel 2014-2015
- BH-DH-PE-23: sondaggio a carotaggio continuo attrezzato con tubo cieco per prove Down Hole, eseguito nel 2020
- BH-PE-21, BH-PE-22, BH-PE-24, BH-PE-25, BH-PE-25 bis, BH-PE-27, BH-PE-29, BH-PE-30, BH-PE-32, BH-PE-32 bis, BH-PE-33, BH-PE-34, SP24BIS, BH-PE-36, SP24TER, BH-PE-37, BH-PE-38 bis, BH5V, BH-PE-39: sondaggi a carotaggio continuo, eseguiti nel 2014-2015 e 2020-2021;
- BH-PZ-PE-26, BH-PZ-PE-28, BH-PZ-PE-31, SPA16, SPAA19, SPA20, SPA20BIS, SPA21, SPA23, SPA24, BH1V, BH2V, BH-PZ-PE-35, BH4V, BH-PZ-PE-38: sondaggi a carotaggio continuo (SP) con installazione di piezometro Casagrande (C e BH), piezometro a Tubo Aperto (A e BH), piezometro a doppio tubo aperto (AA) eseguiti nel 2014-2015 e 2020;
- XA203P010, XA203C011: sondaggi geognostici a carotaggio continuo con installazione di piezometro a tubo aperto, eseguiti nel 2002;
- SDA18: foro a distruzione di nucleo per installazione di Piezometro a Tubo Aperto (A).

Le indagini eseguite lungo il percorso originario, ma che possono essere indicative soprattutto per quanto attiene le misure del livello di falda e le caratteristiche del sottosuolo, sono le seguenti:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 84 di 234

- SPA25, SPA27, SPC28: sondaggi a carotaggio continuo (SP) con installazione di piezometro Casagrande (C), piezometro a Tubo Aperto (A), eseguiti nel 2014-2015.

Le principali caratteristiche costruttive dei succitati sondaggi, nonché le misure e le indagini in sito eseguite in loro corrispondenza sono di seguito descritte:

### **Sondaggi a carotaggio continuo attrezzato con tubo cieco per prove C rosshole**

identificativo: **SP17**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 11+500

quota bocca: 29.80 m s.l.m.

profondità: 35 m

tubo pvc ø 3" per Cross Hole fino a 35 m da p.c.

identificativo: **SP22**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 14+870

quota piano campagna: 24.207 m s.l.m.

profondità: 35 m

tubo pvc ø 3" per Cross Hole fino a 35 m da p.c.

identificativo: **BH3V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 17+000

quota piano campagna: 20.847 m s.l.m.

profondità: 30 m

tubo pvc ø 3" per Cross Hole fino a 30 m da p.c.

identificativo: **BH6V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 18+890

quota piano campagna: 21.298 m s.l.m.

profondità: 50 m

tubo pvc ø 3" per Cross Hole fino a 50 m da p.c.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 85 di 234

### Sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con tubo cieco per prove Down Hole

identificativo: **BH-DH-PE-23**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: 11+400

quota piano campagna: 30.45

profondità: 45 m

soggiacenza misurata durante le prove: 2.60 m da pc

prova Lefranc 1: eseguita tra 4.00 e 4.20 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $8.62 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc 2: eseguita tra 5.50 e 5.70 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.29 \cdot 10^{-4}$  m/s

prova Lefranc 3: eseguita tra 8.80 e 9.00 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $7.57 \cdot 10^{-5}$  m/s

### Sondaggi a carotaggio continuo

identificativo: **BH-PE-21**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 10+500

quota bocca foro: 31.62 m s.l.m.

profondità: 45 m

soggiacenza misurata durante le prove: 4.00 m da pc

eseguite n.3 prove Lefranc

identificativo: **BH-PE-22**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 10+525

quota bocca foro: 29.73 m s.l.m.

profondità: 45 m

soggiacenza misurata durante le prove: 0.20 m da pc

identificativo: **BH-PE-24**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 86 di 234

anno di perforazione: 2020  
ubicazione approssimativa: km 11+600  
quota bocca foro: 28.03 m s.l.m.  
profondità: 12 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 2.30 m da pc

identificativo: **BH-PE-25**  
anno di perforazione: 2020  
ubicazione approssimativa: km 11+700  
quota bocca foro: 28.07 m s.l.m.  
profondità: 12 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 1.70 m da pc

identificativo: **BH-PE-25 bis**  
anno di perforazione: 2021  
ubicazione approssimativa: km 11+700  
quota bocca foro: 28.07 m s.l.m.  
profondità: 50 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 10.00 m da pc

identificativo: **BH-PE-27**  
anno di perforazione: 2020  
ubicazione approssimativa: km 12+300  
quota bocca foro: 26.49 m s.l.m.  
profondità: 50 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 2.50 m da pc  
eseguite n.3 prove Lefranc

identificativo: **BH-PE-29**  
anno di perforazione: 2020  
ubicazione approssimativa: km 13+300  
quota bocca foro: 25.89 m s.l.m.  
profondità: 45 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 1.50 m da pc

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 87 di 234

identificativo: **BH-PE-30**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 13+740

quota bocca foro: 25.75 m s.l.m.

profondità: 30 m

soggiacenza misurata durante le prove: 1.70 m da pc

identificativo: **BH-PE-32**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 14+700

quota bocca foro: 24.89 m s.l.m.

profondità: 45 m

soggiacenza misurata durante le prove: 3.70 m da pc

identificativo: **BH-PE-32 bis**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 14+700

quota bocca foro: 24.89 m s.l.m.

profondità: 7 m

soggiacenza misurata durante le prove: nd

identificativo: **BH-PE-33**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 15+860

quota bocca foro: 23.15 m s.l.m.

profondità: 8 m

soggiacenza misurata durante le prove: 4.00 m da pc

identificativo: **BH-PE-34**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 16+490

quota bocca foro: 22.58 m s.l.m.

profondità: 45 m

soggiacenza misurata durante le prove: 1.30 m da pc

identificativo: **SP24BIS**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 88 di 234

anno di perforazione: 2014  
ubicazione approssimativa: km 16+500  
quota piano campagna: 23.00 m s.l.m.  
profondità: 35 m

identificativo: **BH-PE-36**  
anno di perforazione: 2020  
ubicazione approssimativa: km 16+760  
quota bocca foro: 21.74 m s.l.m.  
profondità: 30 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 0.60 m da pc

identificativo: **SP24TER**  
anno di perforazione: 2014  
ubicazione approssimativa: km 16+850  
quota piano campagna: 21.67 m s.l.m.  
profondità: 35 m

identificativo: **BH-PE-37**  
anno di perforazione: 2020  
ubicazione approssimativa: km 18+400  
quota bocca foro: 22.14 m s.l.m.  
profondità: 12 m  
soggiacenza misurata durante le prove: 1.35 m da pc

identificativo: **BH-PE-38 bis**  
anno di perforazione: 2020  
ubicazione approssimativa: km 14+700  
quota bocca foro: 22.06 m s.l.m.  
profondità: 5 m  
soggiacenza misurata durante le prove: nd

identificativo: **BH5V**  
anno di perforazione: 2015  
ubicazione approssimativa: km 18+720  
quota piano campagna: 22.038 m s.l.m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 89 di 234

profondità: 25 m

identificativo: **BH-PE-39**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 20+000

quota bocca foro: 21.50 m s.l.m.

profondità: 15 m

soggiacenza misurata durante le prove: 2.40 m da pc

### **Sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con piezometro a tubo aperto o Casagrande**

identificativo: **XA203P010**

anno di perforazione: 2002

ubicazione approssimativa: km 11+450

quota bocca foro: 29.5 m s.l.m.

profondità: 50 m

tratto filtrante: tra 6 e 47 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 2.5 m da b.f. (2002)

massima quota piezometrica rilevata: 27.0 m s.l.m.

prova Lefranc 1: eseguita tra 7.0 e 8.0 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia eterometrica poligenica

coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.27 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc 2: eseguita tra 19.0 e 20.0 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia medio fine debolmente limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $2.49 \cdot 10^{-6}$  m/s

identificativo: **BH-PZ-PE-26**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 11+820

identificativo: **BH-PZ-PE-28**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 13+150

quota bocca foro: nd

profondità: 45 m

tratto filtrante: tra 3 e 12 m da bf

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 90 di 234

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 1.20 m da bf (2020)

identificativo: **BH-PZ-PE-31**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 14+650

quota bocca foro: 24.53

profondità: 45 m

tratto filtrante: tra 3 e 15 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 14.0 da bf (2020)

identificativo: **XA203C011**

anno di perforazione: 2002

ubicazione approssimativa: km 15+150

quota bocca foro: 24.3 m s.l.m.

profondità: 40 m

tratto filtrante: tra 6 e 40 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 1.48 m da bf (2002)

massima quota piezometrica rilevata: 22.82 m s.l.m.

prova Lefranc 1: eseguita tra 9.20 e 10.20 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia eterometrica poligenica

coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.36 \cdot 10^{-5}$  m/s

identificativo: **SPA16**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 10+550

quota piano campagna: 29.844 m s.l.m.

profondità: 50 m

tratto filtrante: tra 6 e 20 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 1.80 m da pc (29.10.2020)

massima quota piezometrica: 27.98 m s.l.m.

identificativo: **SPAA19**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 11+712

quota piano campagna: 28.082 m s.l.m.

profondità: 50 m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 91 di 234

tratto filtrante piezometro superficiale: tra 3 e 15 m da bf  
tratto filtrante piezometro profondo: tra 20 e 50 m da bf  
minima soggiacenza rilevata nel piezometro superficiale (data della misura): 1.05 m da pc (17.12.2014)  
massima quota piezometrica rilevata nel piezometro superficiale: 27.03 m s.l.m.  
minima soggiacenza rilevata nel piezometro profondo (data della misura): 1.10 m da pc (17.12.2014)  
massima quota piezometrica rilevata nel piezometro superficiale: 26.98 m s.l.m.

identificativo: **SPA20**

anno di perforazione: 2014  
ubicazione approssimativa: km 12+031  
quota piano campagna: 28.674 m s.l.m.  
profondità: 20 m  
tratto filtrante: tra 8 e 20 m da bf  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 1.80 m da pc (13.11.2014)  
massima quota piezometrica: 26.87 m s.l.m.

identificativo: **SPA20bis**

anno di perforazione: 2014  
ubicazione approssimativa: 12+320  
quota piano campagna: 26.44 m s.l.m.  
profondità: 30 m  
tratto filtrante: tra 3 e 20 m da pc  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.25 m da pc (17.12.2014)  
massima quota piezometrica rilevata: 26.19 m s.l.m.  
prova Lefranc 1: eseguita tra 6.0 e 6.5 m da pc  
litologia del tratto di prova: ghiaia eterometrica sabbiosa  
coefficiente di permeabilità calcolato: n.d.

identificativo: **SPA21**

anno di perforazione: 2014  
ubicazione approssimativa: km 12+500  
quota piano campagna: 26.354 m s.l.m.  
profondità: 35 m  
tratto filtrante: tra 8 e 20 m da pc  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.30 m da pc (17.12.2014)  
massima quota piezometrica rilevata: 26.05 m s.l.m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 92 di 234

identificativo: **SPA23**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 14+870

quota piano campagna: 24.142 m s.l.m.

quota bocca foro: 24.472 m s.l.m.

profondità: 20 m

tratto filtrante: tra 6 e 20 m da pc

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 1.13 m da pc (17.12.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 23.01 m s.l.m.

identificativo: **SPA24**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 16+195

quota piano campagna: 23.377 m s.l.m.

profondità: 20 m

tratto filtrante: tra 6 e 20 m da pc

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.95 m da pc (05.03.2016)

massima quota piezometrica: 22.36 m s.l.m.

identificativo: **BH1V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 16+205

quota piano campagna: 22.465 m s.l.m.

profondità: 30 m

tratto filtrante: tra n.d. e 30 m da pc

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.90 m da pc (05.03.2016)

massima quota piezometrica: 21.57 m s.l.m.

identificativo: **BH2V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 16+500

quota piano campagna: 22.25 m s.l.m.

profondità: 30 m

tratto di posa della cella Casagrande: tra 28 e 30 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 1.16 m da pc (05.03.2016)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 93 di 234

massima quota piezometrica: 21.09 m s.l.m.

identificativo: **BH-PZ-PE-35**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 16+520

quota bocca foro: 22.60

profondità: 45 m

tratto filtrante: tra 2 e 15 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 2.50 da bf (2020)

identificativo: **SPA25**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 265 m all'altezza del km 17+400

quota piano campagna: 21.759 m s.l.m.

quota bocca foro: 21.873 m s.l.m.

profondità: 20 m

tratto filtrante: tra 3 e 20 m da pc

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.30 m da pc (17.12.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 21.46 m s.l.m.

identificativo: **BH4V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 17+650

quota piano campagna: 21.586 m s.l.m.

profondità: 25 m

tratto di posa della cella Casagrande: tra 22.5 e 25 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.82 m da pc (05.03.2016)

massima quota piezometrica: 20.77 m s.l.m.

identificativo: **SPA27**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 430 m all'altezza del km 17+800

quota piano campagna: 21.96 m s.l.m.

profondità: 20 m

tratto filtrante: tra 6 e 20 m da pc

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 94 di 234

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.56 m da pc (17.12.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 21.40 m s.l.m.

identificativo: **SPC28**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 440 m all'altezza del km 18+000

quota piano campagna: 21.752 m s.l.m.

profondità: 25 m

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.20 m da pc (rilevato il 12.11.2014 in fase di perforazione)

massima quota piezometrica rilevata: 21.55 m s.l.m.

identificativo: **BH-PZ-PE-38**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 18+850

quota bocca foro: 22.06

profondità: 50 m

tratto filtrante: tra 0 e 15 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.8 da bf (2020)

### **Sondaggio a distruzione di nucleo per installazione di Piezometro a Tubo Aperto**

identificativo: **SDA18**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 11+474

quota piano campagna: 29.803 m s.l.m.

profondità: 20 m

tratto filtrante: tra 6 e 18 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 2.48 m da pc (05.03.2016)

massima quota piezometrica: 27.25 m s.l.m.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 95 di 234</p>

#### 4.2.2 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

Nel tratto in esame, l'opera attraversa i territori comunali di Zevio, Caldiero, Belfiore e S. Bonifacio (Figura 33).

La morfologia della tratta interessata dall'opera è sub-pianeggiante, leggermente degradante verso Sud, con pendenza media dello 0.08% e con quote altimetriche all'incirca variabili tra circa 30 e 20 m s.l.m..

Il tracciato si sviluppa quasi esclusivamente al di sopra del terrazzo morfologico del Diluvium tardivo (FgWt), altimetricamente ribassato di circa 10 m, rispetto al terrazzo del Diluvium recente (FgW).

Il reticolo idrografico principale intersecato dal tracciato è rappresentato dal T. D'Illasi - Prognolo, dove è prevista la realizzazione di un ponte tra le progressive 11+502 e 11+715.

Ulteriori corsi d'acqua interferenti con il tracciato, che saranno attraversati con ponti, sono rappresentati dal Canale Dugale (progressiva Km 12+314) e dal ramo del Deviatore Dugale (Km 16+500).

I terreni fluvioglaciali appartenenti all'unità del Diluvium wurmiano tardivo (FgWt), riconducibili ai terrazzi morfologici dell'Adige e dei T. Fibbio e d'Illasi, sono costituiti prevalentemente da sabbie e ghiaie debolmente limose, con spessori complessivi che possono superare il centinaio di metri. Il complesso ghiaioso sabbioso e sabbioso è localmente intercalato da livelli limoso-argillosi contraddistinti da modesto spessore ed estensione areale.

Questa unità è quella affiorante lungo tutto il tratto interessato dall'opera e nel sottosuolo fino a profondità superiori a quelle massime investigate dai sondaggi appositamente realizzati.

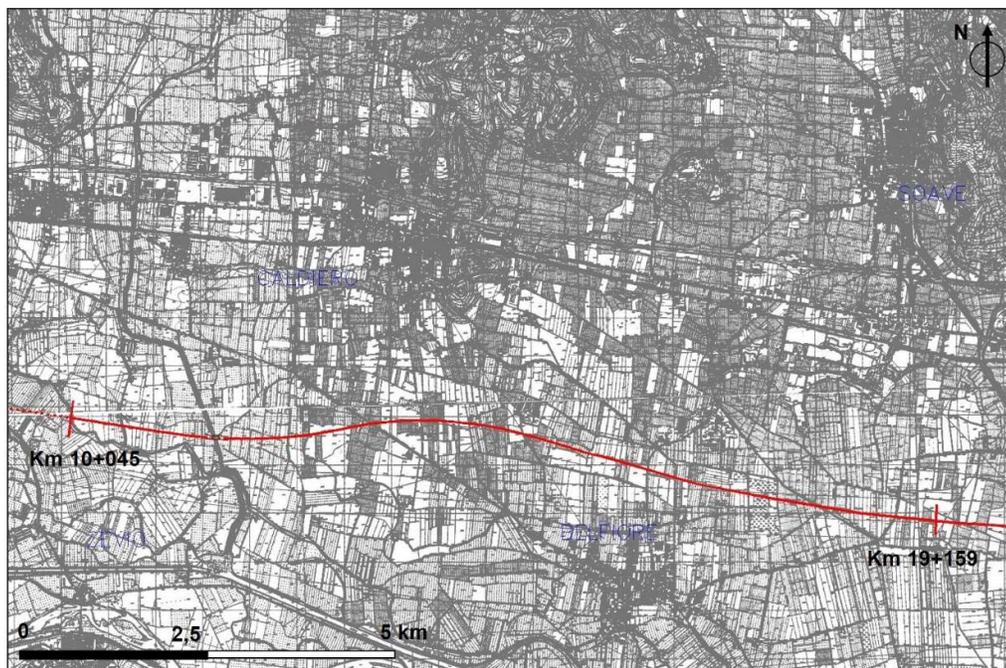


Figura 33 - Inquadramento territoriale del tratto 2 (km 10+045 – 19+160).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 96 di 234

Come evidenziato dalle carte me sezioni idrogeologiche (elaborati di carta idrogeologica e profilo idrogeologico), lungo tutta la tratta del tratto 2, le caratteristiche litologiche del sottosuolo sono contraddistinte da una prima coltre superficiale, dello spessore medio di circa 5 m, costituita da sedimenti limoso argillosi, che sovrastano un livello continuo di alluvioni grossolane a litologia ghiaioso-sabbiosa avente spessore variabile tra 5 e 15.

Questa copertura a prevalenza limoso argillosa, sebbene presenti caratteristiche di bassa permeabilità, contiene livelli di sabbie e pertanto assume un comportamento di acquitardo, presentando al suo interno un livello di saturazione che, a meno di differenze di qualche centimetro o pochi decimetri, è sostanzialmente paragonabile al livello freatico del sottostante acquifero ghiaioso-sabbioso, come peraltro evidenziato dai rilievi eseguiti nei pozzetti e dalla relativa documentazione fotografica.

Al di sotto di questa litozona prevalgono, fino alla massima profondità indagata con i sondaggi, sedimenti a granulometria prevalentemente sabbiosa (sabbie da grossolane a fini talora ghiaiose in matrice da debolmente limosa a limosa).

Nell'ambito di quest'ultima litozona si rinvencono, a differenti profondità, lenti limoso-argillose, che generalmente presentano spessori medi di 1-2 m e modesta estensione areale.

L'unità sabbioso-ghiaiosa costituisce un acquifero monostrato che è sede di una falda sub-affiorante in condizioni da libera a semi-confinata, avente una soggiacenza variabile da un minimo di circa 0.2 m fino a un massimo di circa 2 m, come evidenziato dai dati acquisiti nel corso delle più recenti campagne freatimetriche condotte nel periodo novembre 2014 – marzo 2015.

Il reticolo idrografico sviluppato in corrispondenza della piana dei Torrenti Fibbio e D'Illassi è in diretta comunicazione con la falda che, nella maggior parte dei casi, viene drenata dalle acque superficiali mediante sorgenti di pianura.

Un ulteriore drenaggio delle acque sotterranee viene esercitato, come già evidenziato per la tratta precedente, anche dalle sorgenti di terrazzo che si rilevano alla base della scarpata morfologica che delimita il terrazzo del diluvium antico, da quello recente, andando ad alimentare il reticolo irriguo.

Nel settore considerato, se si esclude il livello impermeabile superficiale che conferisce condizioni di parziale confinamento alla falda, determinando localmente anche fenomeni di artesianità, a maggiore profondità non si rilevano livelli limoso-argillosi di spessore ed estensione tale da poter determinare una compartimentazione dell'acquifero superficiale in più falde sovrapposte.

Tale condizione è anche testimoniata dalle misure eseguite nel sondaggio SPAA19 in cui sono stati inseriti, e adeguatamente separati con bentonite, due piezometri a tubo aperto, un primo fenestrato nel primo strato ghiaioso-sabbioso rinvenuto sino alla profondità di 15 m dal p.c., un secondo nello strato sabbioso sottostante una lente di argilla limosa riscontrata tra 15.1 e 17.7 m dal p.c., che hanno evidenziato una modestissima (circa 2-5 cm) differenza di carico idraulico tra le falde captate.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 97 di 234

Le misure di livello della falda rilevate nei piezometri realizzati lungo il tracciato della linea ferroviaria coprono un intervallo temporale di 41 mesi, dal Novembre 2014 al Marzo 2018.

Nella seguente Tabella 6 sono riportati i dati di minima soggiacenza attualmente disponibili, disposti in ordine crescente di progressiva, e la relativa quota piezometrica, mentre nella Tabella 7 i valori di soggiacenza rilevati nel corso di tutte le campagne di misura.

Per quanto attiene la morfologia della superficie piezometrica, dalle Tavole IN1710EI2P5GE0000025C, IN1710EI2P5GE0000026C e IN1710EI2P5GE0000027C (stralcio in Figura 34) e dalla carta piezometrica del PTCP della Provincia di Verona (stralcio in Figura 5), si evidenzia un flusso idrico sotterraneo che nel primo tratto, compreso tra le progressive 10+045 e 10+500 manifesta una direzione NW-SE mentre nel tratto successivo, in ragione della presenza del marcato asse di drenaggio del Tramigna, la direzione ruota progressivamente in senso orario sino a disporsi in direzione N-S nel tratto terminale del tratto 2, all'incirca a partire dal km 17+000.

Tabella 6 - Tratto 2 – Valori minimi di soggiacenza rilevati nei piezometri 2014-2018 realizzati lungo il tracciato.

SIGLA	Progressiva	Data del rilievo	Minima soggiacenza (m)	Quota piezom. minima (m slm)
SPAA13 sup	9+250	17.12.2014	0,54	28,77
SPAA13 prof	9+250	17.12.2014	0,22	29,09
SPA13bis	9+700	19.01.2015	0,13	29,22
SDA15	10+025	27.05.2016	0,97	28,07
SPA16	10+550	05.03.2016	1,83	27,95
SDA18	11+500	05.03.2016	2,49	27,25
SPAA19 sup	11+710	17.12.2014	1,05	27,03
SPAA19 prof	11+710	17.12.2014	1,10	26,98
SPA20	12+025	13.11.2014	1,80	26,87
P1	12+100	05.03.2016	3,87	26,15
P1 bis	12+100		0,00	assente
P1 Ter	12+100		0,00	assente
P1 quater	12+100	05.03.2016	3,89	26,15
SPA20bis	12+320	17.12.2014	0,25	26,19
SPA21	12+500	17.12.2014	0,30	26,05
P2	12+500	05.03.2016	0,37	25,64
P3	13+000	05.03.2016	0,97	25,09
P3 bis	13+000	05.03.2016	0,96	25,14
P4	13+500	05.03.2016	1,13	24,51
P5	13+800	05.03.2016	1,30	23,76
P5 bis	13+800	26.05.2016	0,00	25,09

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 98 di 234

Tabella 6 - Tratto 2 – Valori minimi di soggiacenza rilevati nei piezometri 2014-2018 realizzati lungo il tracciato.

SIGLA	Progressiva	Data del rilievo	Minima soggiacenza (m)	Quota piezom. minima (m slm)
P6	14+300	05.03.2016	1,70	25,29
SPA23	14+875	17.12.2004	1,13	23,01
P7	15+350	05.03.2016	0,77	22,66
P7 bis	15+350	05.03.2016	0,23	23,18
P8	15+900	05.03.2016	1,52	22,14
P9	16+025	05.03.2016	0,92	22,18
P9 bis	16+025	05.03.2016	0,60	22,52
SPA24	16+175	05.03.2016	0,95	22,36
BH1V	16+200	05.03.2016	0,90	21,57
BH2V	16+500	05.03.2016	1,16	21,09
P10	16+775	05.03.2016	0,52	20,85
P11	17+300	05.03.2016	0,92	20,67
P11 bis	17+300	05.03.2016	0,67	20,93
BH4V	17+600	05.03.2016	0,82	20,77
P20	17+725	05.03.2016	1,27	20,67
BH8V	18+725	05.03.2016	1,05	20,60
P12	20+075	05.03.2016	2,02	19,02
BH10V	20+575	05.03.2016	5,99	20,51
BH12V	20+950	05.03.2016	4,69	20,51
BH15V	21+850	05.03.2016	5,62	20,68
P13	21+900	25.05.2017	3,22	24,57
P 13 bis	21+900		0,00	assente
P14	23+175	05.03.2016	2,65	25,38
P14 bis	23+175	05.03.2016	2,74	25,33

In corrispondenza dell'asse di drenaggio si osserva una contestuale marcata riduzione del gradiente idraulico, che da valori pari a circa 0.5% si porta a valori dello 0.1% (o anche inferiori nei settori più a Sud del tracciato ferroviario) lungo l'asse principale di drenaggio della falda.

Nelle Tabella 7 – 7e sono elencate le letture piezometriche eseguite nel corso della campagna di indagine nel periodo compreso fra Novembre 2014 e Marzo 2018 per un totale di 41 mesi di monitoraggio piezometrico relativamente al tratto 2.

Tale arco temporale di misure è molto significativo per poter effettuare valutazioni relative sia alle possibili fluttuazioni del livello freatico sia alla direzione locale del flusso idrico sotterraneo.



Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

10

EI2RHGE0000003C

100 di 234

Tabella 7a – Tratto 2 – Rilievi di soggiacenza Gennaio – Agosto 2016 espressa in m da p.c.

GENNAIO - GIUGNO 2016															
PK	SIGLA	QUOTA (m slm)	07-gen-16	23-gen-16	06-feb-16	20-feb-16	5-mar-16	30-mar-16	27-apr-16	9-mag-16	14-mag-16	27-mag-16	28-giu-16	27-lug-16	26-ago-16
9+250	SPAA13 sup	29,307		0,89		0,78	0,69	0,81	0,74		0,69	0,66	0,65	0,6	0,65
9+250	SPAA13 prof	29,307		0,66		0,55	0,45	0,55	0,48		0,44	0,40	0,36	0,38	0,38
9+700	SPA13bis	29,348		1,45		1,33	1,24	1,35	1,29		1,16	1,21	1,22	1,19	1,21
10+025	SDA15	29,039		1,28		1,14	1,02	1,14	1,08		1,02	0,97	1	1,04	0,97
10+550	SPA16	29,779		2,29		2,05	1,83	2,15	2,12		1,94	1,98	1,89	2,12	2,01
11+500	SDA18	29,738		2,99		2,72	2,49	2,85	2,86		2,69	2,74	2,64	2,94	2,79
11+710	SPAA19 sup	28,082		1,58		1,37	1,21	1,46	1,46		1,39	1,37	1,32	1,64	1,4
11+710	SPAA19 prof	28,082		1,71		1,47	1,28	1,58	1,59		1,51	1,48	1,37	1,69	1,48
12+025	SPA20	28,674	2,37	2,41	2,38	2,17	2,02	2,27	2,32		2,24	2,22	2,16	2,44	2,22
12+100	P1	30,018	4,22	4,28	4,23	4	3,87	4,12	4,2		4,1	4,10	4,01	4,26	4,05
12+100	P1 bis	30,051	#RIF!	falda ass.		falda ass.	falda ass.	falda ass.	0,00	falda ass.					
12+100	P1 Ter	30,053	#RIF!	falda ass.	falda ass.	falda ass.	3,86	falda ass.	falda ass.		falda ass.	falda ass.	falda ass.	0,00	falda ass.
12+100	P1 quater	30,043	4,23	4,29	4,25	4,03	3,89	4,12	4,19		4,1	4,09	3,99	4,25	4,06
12+320	SPA20bis	26,439	0,56	0,59	0,57	0,42	0,31	0,5	0,52		0,46	0,46	0,39	0,58	0,42
12+500	SPA21	26,354	0,67	0,69	0,67	0,5	0,39	0,62	0,63		0,57	0,56	0,46	0,71	0,55
12+500	P2	26,013	0,62	0,65	0,62	0,47	0,37	0,57	0,58		0,53	0,53	0,46	0,65	0,5
13+000	P3	26,061	1,27	1,3	1,28	1,1	0,97	1,24	1,24		1,18	1,19	1,09	1,37	1,26
13+000	P3 bis	26,1	1,26	1,29	1,28	1,1	0,96	1,24	1,24		1,17	1,18	1,08	1,35	1,29
13+500	P4	25,637	1,48	1,49	1,47	1,26	1,13	1,43	1,42		1,36	1,37	1,22	1,53	1,44
13+800	P5	25,063	1,69	1,69	1,68	1,45	1,3	1,64	1,59		1,56	1,57	1,43	1,71	1,68
13+800	P5 bis	25,094	#RIF!	falda ass.	falda ass.	1,45	1,3	falda ass.	falda ass.		1,56	0,00	1,44	falda ass.	falda ass.
14+300	P6	26,99	2,13	2,15	2,13	1,91	1,7	2,11	2,03		2,02	2,05	1,94	2,13	2,11
14+875	SPA23	24,142		-											
15+350	P7	23,43	1,18	1,2	1,18	0,96	0,77	1,16	1,14		1,03	1,09	1	1,18	1,21
15+350	P7 bis	23,409	0,94	1,08	0,98	0,59	0,23	1,06	1,11		0,98	0,97	0,92	1,34	1,4
15+900	P8	23,655	1,94	1,97	1,95	1,72	1,52	1,97	1,97		1,9	1,90	1,82	2	2,05
16+025	P9	23,095	1,39	1,41	1,39	1,16	0,82	1,37	1,37		1,3	1,30	1,23	1,41	1,47
16+025	P9 bis	23,115	1,3	1,39	1,34	0,92	0,6	1,37	1,37		1,2	1,24	1,18	1,43	1,51
16+175	SPA24	23,312	1,41	1,42	1,41	1,19	0,95	1,39	1,39		1,32	1,32	1,25	1,42	1,49
16+200	BH1V	22,465	1,38	1,39	1,38	1,14	0,9	1,35	1,35		1,27	1,28	1,20	1,40	1,46
16+500	BH2V	22,25	1,48	1,49	1,49	1,29	1,16	1,46	1,45		1,36	1,37	1,30	1,51	1,58
16+775	P10	21,365	0,67	0,68	0,67	0,58	0,52	0,67	0,68		0,58	0,56	0,55	0,58	0,73
17+300	P11	21,589	1,04	1,06	1,04	0,98	0,82	1,05	1,06		0,94	0,93	0,95	0,92	1,11
17+300	P11 bis	21,604	0,96	1,07	1,03	0,91	0,67	1,11	1,12		0,95	0,98	1,04	1,06	1,13
17+600	BH4V	21,586	1,13	1,14	1,14	0,95	0,82	1,09	1,1		1,01	1,00	0,97	1,34	1,31
17+725	P20	21,938	1,49	1,52	1,51	1,39	1,27	1,51	1,5		1,35	1,33	1,39	1,41	1,68
18+725	BH8V	21,652	1,54	1,52	1,51	1,22	1,05	1,32	1,42		1,33	1,32	1,29	2,37	1,89
20+075	P12	21,041	2,56	2,57	2,55	2,25	2,02	2,3	2,41		2,35	2,30	2,27	3,50	2,98
20+575	BH10V	26,498	6,51	6,53	6,51	6,21	5,99	6,25	6,34		6,33	6,22	6,05	7,48	6,78
20+950	BH12V	25,203	5,21	5,22	5,21	4,9	4,69	4,91	5,04		5	4,93	4,89	6,31	5,66
21+850	BH15V	26,296		6,14		5,92	5,62	5,78	5,98		5,97	5,90	5,91	8,43	7,02
21+900	P13	27,788	3,82	3,78	3,79	3,65	3,49	3,51	3,58		3,52	3,45	3,42	3,61	3,71
21+900	P 13 bis														
23+175	P14	28,032	3,21	3,23	3,23	2,92	2,65	3,15	3,17		3,05	2,95	3,03	3,31	3,34
23+175	P14 bis	28,068	3,33	3,33	3,34	3,02	2,74	3,24	3,25		3,12	3,00	3,09	3,38	3,42

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 101 di 234

Tabella 7b – Tratto 2 – Rilievi di soggiacenza Settembre – Dicembre 2016 espressa in m da p.c.

		<b>SETTEMBRE - DICEMBRE 2016</b>				
Pk	SIGLA	QUOTA (m slm)	27-set-16	27-ott-16	29-nov-16	29-dic-16
11+710	SPAA19 sup	28,082	1,56	1,43	1,39	1,55
11+710	SPAA19 prof	28,082	1,64	1,55	1,53	1,7
12+025	SPA20	28,674	2,39	2,26	2,22	2,39
12+100	P1	30,018	4,24	4,11	4,06	4,26
12+100	P1 bis	30,051	falda ass.	falda ass.	falda ass.	falda ass.
12+100	P1 Ter	30,053	falda ass.	falda ass.	falda ass.	falda ass.
12+100	P1 quater	30,043	4,25	4,13	4,07	4,27
12+320	SPA20bis	26,439	0,57	0,49	0,46	0,58
12+500	SPA21	26,354	0,68	0,59	0,56	0,68
12+500	P2	26,013	0,62	0,54	0,52	0,64
13+000	P3	26,061	1,34	1,27	1,22	1,34
13+000	P3 bis	26,1	1,36	1,28	1,22	1,35
13+500	P4	25,637	1,51	1,44	1,38	1,5
13+800	P5	25,063	1,72	1,65	1,59	1,71
13+800	P5 bis	25,094	falda ass.	falda ass.	falda ass.	falda ass.
14+300	P6	26,99	2,14	2,07	2,04	2,15
14+875	SPA23	24,142				
15+350	P7	23,43	1,25	1,14	1,12	1,23
15+350	P7 bis	23,409	1,39	1,11	0,8	1,13
15+900	P8	23,655	2,09	1,97	1,92	2,02
16+025	P9	23,095	1,5	1,38	1,33	1,43
16+025	P9 bis	23,115	1,53	1,31	1,21	1,45
16+175	SPA24	23,312	1,51	1,39	1,35	1,44
16+200	BH1V	22,465	1,48	1,35	1,31	1,4
16+500	BH2V	22,25	1,6	1,47	1,43	1,53
16+775	P10	21,365	0,75	0,67	0,65	0,7
17+300	P11	21,589	1,13	1,03	1,02	1,08
17+300	P11 bis	21,604	1,16	1,01	0,99	1,06
17+600	BH4V	21,586	1,28	1,23	1,09	1,13
17+725	P20	21,938	1,69	1,58	1,46	1,49
18+725	BH8V	21,652	1,85	1,66	1,47	1,54
20+075	P12	21,041	2,94	2,76	2,56	2,63
20+575	BH10V	26,498	6,89	6,62	6,49	6,55
20+950	BH12V	25,203	5,59	5,41	5,19	5,24
21+850	BH15V	26,296	6,65	6,40	6,14	6,14
21+900	P13	27,788	3,78	3,72	3,75	3,79
21+900	P 13 bis					
23+175	P14	28,032	3,36	3,26	3,27	3,32
23+175	P14 bis	28,068	3,44	3,31	3,33	3,41

Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RHGE0000003C

Foglio

102 di 234

Tabella 7c – Tratto 2 – Rilievi di soggiacenza Gennaio – Agosto 2017 espressa in m da p.c.

GENNAIO - AGOSTO 2017											
PK	SIGLA	QUOTA (m slm)	27-gen	3-mar	24-mar	29-mar	29-apr	25-mag	30-giu	27-lug	30-ago
11+710	SPAA19 sup	28,082	1,62	1,61	1,58	1,58	1,44	1,51	1,52	1,76	1,73
11+710	SPAA19 prof	28,082	1,77	1,73	1,76	1,76	1,59	1,62	1,63	1,87	1,90
12+025	SPA20	28,674	2,46	2,42	2,4	2,4	2,26	2,35	2,34	2,56	2,57
12+100	P1	30,018	4,31	4,27	4,24	4,24	4,09	4,19	4,16	4,35	4,39
12+100	P1 bis	30,051	falda ass.								
12+100	P1 Ter	30,053	falda ass.								
12+100	P1 quater	30,043	4,32	4,29	4,25	4,25	4,1	4,2	4,18	4,37	4,40
12+320	SPA20bis	26,439	0,62	DISTRUTTO	DISTRUTTO	DISTRUTTO	DISTRUTTO				
12+500	SPA21	26,354	0,73	0,69	0,71	0,71	0,57	0,61	0,66	0,81	0,88
12+500	P2	26,013	0,68	0,63	0,65	0,65	0,52	0,56	0,60	0,74	0,81
13+000	P3	26,061	1,40	1,36	1,38	1,38	1,21	1,26	1,30	1,42	1,56
13+000	P3 bis	26,1	1,41	1,36	1,38	1,38	1,22	1,27	1,31	1,43	1,57
13+500	P4	25,637	1,56	1,51	1,53	1,53	1,36	1,41	1,45	1,56	1,71
13+800	P5	25,063	1,77	1,73	1,71	1,71	1,55	1,61	1,67	1,74	1,91
13+800	P5 bis	25,094	falda ass.	assente	assente	assente					
14+300	P6	26,99	2,20	2,17	2,1	2,1	1,96	2,03	2,08	2,11	2,25
14+875	SPA23	24,142									
15+350	P7	23,43	1,28	1,24	1,23	1,23	1,13	1,1	1,18	1,26	1,35
15+350	P7 bis	23,409	1,23	1,12	1,16	1,16	1,13	1,04	1,36	1,53	1,63
15+900	P8	23,655	2,09	2,05	2,14	2,14	2,02	1,98	2,04	2,21	2,20
16+025	P9	23,095	1,50	1,46	1,49	1,49	1,37	1,33	1,44	1,58	1,61
16+025	P9 bis	23,115	1,51	1,43	1,49	1,49	1,4	1,32	1,45	1,58	1,65
16+175	SPA24	23,312	1,51	1,48	1,5	1,5	1,39	1,33	1,46	1,59	1,62
16+200	BH1V	22,465	1,47	1,44	1,46	1,46	1,35	1,31	1,44	1,57	1,60
16+500	BH2V	22,25	1,58	1,55	1,56	1,56	1,47	1,43	1,56	1,70	1,72
16+775	P10	21,365	0,72	0,71	0,72	0,72	0,65	0,61	0,71	0,78	0,75
17+300	P11	21,589	1,11	1,08	1,1	1,1	1,03	0,98	1,08	1,12	1,10
17+300	P11 bis	21,604	1,13	1,1	1,15	1,15	1,09	1,05	1,17	1,16	1,15
17+600	BH4V	21,586	1,21	1,18	1,21	1,21	1,13	1,07	1,35	1,54	1,46
17+725	P20	21,938	1,56	1,52	1,55	1,55	1,48	1,43	1,53	1,65	1,66
18+725	BH8V	21,652	1,60	1,44	1,52	1,52	1,49	1,57	2,29	2,57	2,40
20+075	P12	21,041	2,69	2,54	2,61	2,61	2,59	2,64	3,35	3,64	3,48
20+575	BH10V	26,498	6,62	6,58	6,57	6,57	6,53	6,56	7,34	7,60	7,49
20+950	BH12V	25,203	5,31	5,15	5,26	5,26	5,23	5,27	6,08	6,33	6,22
21+850	BH15V	26,296	6,24	6,01	6,3	6,3	6,28	6,42	7,99	7,94	7,88
21+900	P13	27,788	3,81	3,74	3,76	3,76	3,75	3,22	3,81	3,88	3,94
21+900	P 13 bis										
23+175	P14	28,032	3,37	3,29	3,34	3,34	3,26	3,22	3,28	3,35	3,43
23+175	P14 bis	28,068	3,44	3,37	3,44	3,44	3,33	3,29	3,36	3,42	3,50

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto  
IN17Lotto  
10Codifica  
EI2RHGE0000003CFoglio  
103 di 234

Tabella 7d – Tratto 2 – Rilievi di soggiacenza Settembre – Dicembre 2017 espressa in m da p.c.

SETTEMBRE - DICEMBRE 2017								
PK	N°	SIGLA	QUOTA (m slm)	Quota Min	28-set-17	26-28-ott-17	28/11/2017	29-dic-17
9+250	10	SPAA13 sup	29,307	0,90	0,81	0,9	0,77	0,85
9+250	11	SPAA13 prof	29,307	0,73	0,62	0,73	0,61	0,66
9+700	12	SPA13bis	29,348	1,49	1,39	1,49	1,37	1,4
10+025	13	SDA15	29,039	1,29	1,16	1,29	1,16	1,19
10+550	14	SPA16	29,779	2,40	2,26	2,4	2,27	2,31
11+500	15	SDA18	29,738	3,12	2,99	3,12	2,97	3,01
11+710	16	SPAA19 sup	28,082	1,71	1,63	1,71	1,57	1,6
11+710	17	SPAA19 prof	28,082	1,85	1,76	1,85	1,71	1,74
12+025	18	SPA20	28,674	2,53	2,45	2,53	2,38	2,42
12+100	18a	P1	30,018	4,35	4,27	4,35	4,2	4,25
12+100	18b	P1 bis	30,051	0,00	assente	falda ass.	falda ass.	falda ass.
12+100	18c	P1 Ter	30,053	0,00	assente	falda ass.	falda ass.	falda ass.
12+100	18d	P1 quater	30,043	4,37	4,29	4,37	4,22	4,26
12+320	19	SPA20bis	26,439	0,00		-		
12+500	20	SPA21	26,354	0,81	0,76	0,81	0,68	0,71
12+500	20a	P2	26,013	0,75	0,70	0,75	0,62	0,65
13+000	20b	P3	26,061	1,48	1,43	1,48	1,34	1,37
13+000	20c	P3 bis	26,1	1,49	1,44	1,49	1,34	1,37
13+500	20d	P4	25,637	1,64	1,59	1,64	1,49	1,52
13+800	20e	P5	25,063	1,84	1,80	1,84	1,71	1,73
13+800	20f	P5 bis	25,094	0,00	assente	falda ass.	falda ass.	falda ass.
14+300	20g	P6	26,99	2,24	2,20	2,24	2,13	2,13
14+875	21	SPA23	24,142	0,00				
15+350	21a	P7	23,43	1,30	1,29	1,3	1,2	1,22
15+350	21b	P7 bis	23,409	1,45	1,45	1,41	1,03	1,13
15+900	21c	P8	23,655	2,11	2,11	2,11	2,02	2,04
16+025	21d	P9	23,095	1,51	1,50	1,51	1,41	1,44
16+025	21e	P9 bis	23,115	1,49	1,49	0,7	1,23	1,35
16+175	22	SPA24	23,312	1,52	1,51	1,52	1,42	1,45
16+200	23	BH1V	22,465	1,50	1,49	1,5	1,4	1,43
16+500	24	BH2V	22,25	1,60	1,60	1,59	1,49	1,52
16+775	24a	P10	21,365	0,72	0,72	0,7	0,63	0,65
17+300	24b	P11	21,589	1,09	1,09	1,07	1,04	1,04
17+300	24c	P11 bis	21,604	1,11	1,11	1,1	1,03	1,04
17+600	25	BH4V	21,586	1,28	1,28	1,24	1,18	1,15
17+725	25a	P20	21,938	1,67	1,67	1,66	1,61	1,6
18+725	26	BH8V	21,652	1,94	1,94	1,88	1,71	1,64
20+075	26a	P12	21,041	3,03	3,03	2,96	2,8	2,73
20+575	27	BH10V	26,498	6,98	6,98	6,91	6,71	6,67
20+950	28	BH12V	25,203	5,70	5,70	5,6	5,45	5,38
21+850	29	BH15V	26,296	6,84	6,84	6,67	6,53	6,49
21+900	29a	P13	27,788	3,91	3,82	3,91	3,83	3,82
21+900	-	P 13 bis		0,00				-
23+175	29b	P14	28,032	3,48	3,32	3,48	3,29	3,31
23+175	29c	P14 bis	28,068	3,43	3,41	3,43	3,37	3,38

Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto  
IN17Lotto  
10Codifica  
EI2RHGE0000003CFoglio  
104 di 234

Tabella 7e – Tratto 2 – Rilievi di soggiacenza Gennaio – Marzo 2018 espressa in m da p.c.

<b>Gennaio - Marzo 2018</b>								
Pk	N°	SIGLA	QUOTA (m slm)	28-set-17	28-nov-17	1-3/02/2018	27-feb-18	23-mar-18
9+250	10	SPAA13 sup	29,307	0,81	0,77	0,81	0,90	0,74
9+250	11	SPAA13 prof	29,307	0,62	0,61	0,64	0,72	0,53
9+700	12	SPA13bis	29,348	1,39	1,37	1,38	1,45	1,23
10+025	13	SDA15	29,039	1,16	1,16	1,22	1,29	1,02
10+550	14	SPA16	29,779	2,26	2,27	2,36	2,37	2,04
11+500	15	SDA18	29,738	2,99	2,97	3,07	3,08	2,81
11+710	16	SPAA19 sup	28,082	1,63	1,57	1,68	1,66	1,43
11+710	17	SPAA19 prof	28,082	1,76	1,71	1,82	1,81	1,52
12+025	18	SPA20	28,674	2,45	2,38	2,51	2,47	2,26
12+100	18a	P1	30,018	4,27	4,2	4,35	4,31	4,10
12+100	18b	P1 bis	30,051	assente	falda ass.	falda ass.	falda ass.	falda ass.
12+100	18c	P1 Ter	30,053	assente	falda ass.	falda ass.	falda ass.	falda ass.
12+100	18d	P1 quater	30,043	4,29	4,22	4,36	4,32	4,11
12+320	19	SPA20bis	26,439					
12+500	20	SPA21	26,354	0,76	0,68	0,75	0,74	0,52
12+500	20a	P2	26,013	0,70	0,62	0,69	0,68	0,48
13+000	20b	P3	26,061	1,43	1,34	1,42	1,39	1,16
13+000	20c	P3 bis	26,1	1,44	1,34	1,42	1,39	1,15
13+500	20d	P4	25,637	1,59	1,49	1,58	1,55	1,29
13+800	20e	P5	25,063	1,80	1,71	1,77	1,75	1,49
13+800	20f	P5 bis	25,094	assente	falda ass.	falda ass.	falda ass.	1,5
14+300	20g	P6	26,99	2,20	2,13	2,14	2,11	1,91
14+875	21	SPA23	24,142					
15+350	21a	P7	23,43	1,29	1,2	1,15	1,22	1,02
15+350	21b	P7 bis	23,409	1,45	1,03	0,91	0,93	0,65
15+900	21c	P8	23,655	2,11	2,02	1,94	2,02	1,81
16+025	21d	P9	23,095	1,50	1,41	1,32	1,41	1,21
16+025	21e	P9 bis	23,115	1,49	1,23	1,02	1,31	0,95
16+175	22	SPA24	23,312	1,51	1,42	1,33	1,43	1,24
16+200	23	BH1V	22,465	1,49	1,4	1,31	1,40	1,21
16+500	24	BH2V	22,25	1,60	1,49	1,39	1,50	1,32
16+775	24a	P10	21,365	0,72	0,63	0,59	0,63	0,53
17+300	24b	P11	21,589	1,09	1,04	0,95	1,02	0,94
17+300	24c	P11 bis	21,604	1,11	1,03	0,94	0,98	0,9
17+600	25	BH4V	21,586	1,28	1,18	1,01	1,11	0,95
17+725	25a	P20	21,938	1,67	1,61	1,53	1,48	1,38
18+725	26	BH8V	21,652	1,94	1,71	1,55	1,45	1,26
20+075	26a	P12	21,041	3,03	2,8	2,73	2,53	2,34
20+575	27	BH10V	26,498	6,98	6,71	6,59	6,44	6,19
20+950	28	BH12V	25,203	5,70	5,45	5,25	5,13	4,98
21+850	29	BH15V	26,296	6,84	6,53	6,17	6,02	6,1
21+900	29a	P13	27,788	3,82	3,83	3,78	3,73	3,63
21+900	-	P 13 bis						
23+175	29b	P14	28,032	3,32	3,29	3,3	3,24	3,12
23+175	29c	P14 bis	28,068	3,41	3,37	3,36	3,21	3,18

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 105 di 234

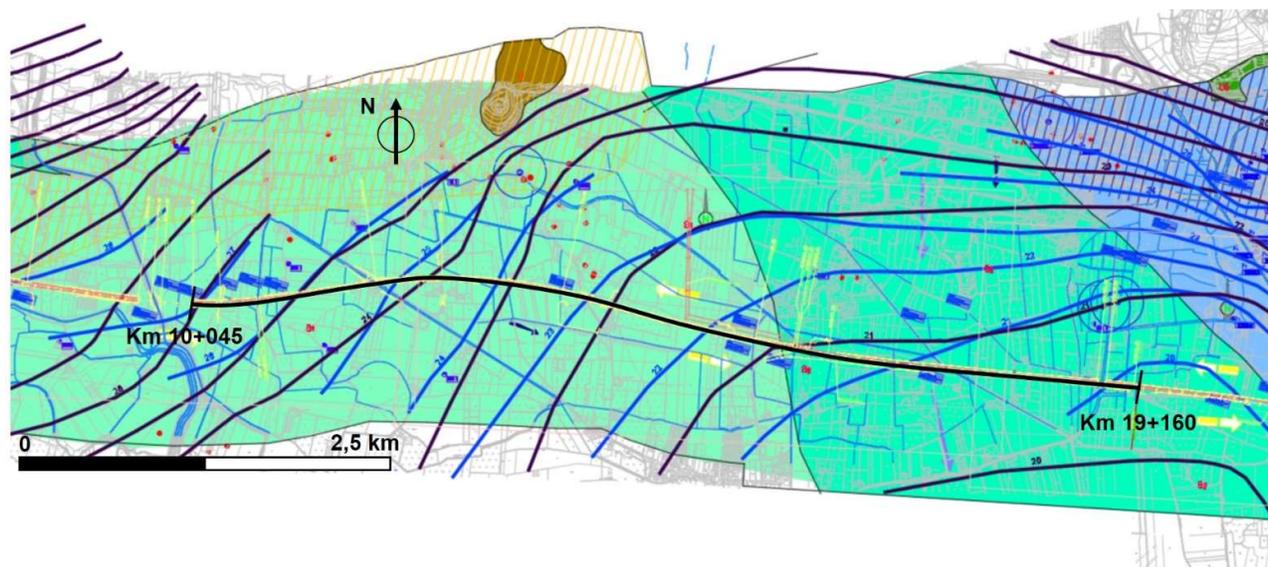


Figura 34 - Superficie piezometrica della falda nell'intorno del tratto 2.

In cartografia sono stati riportati anche i valori di minima soggiacenza e di massima quota piezometrica rilevati nella rete di piezometri realizzati nel 2014-2017 nell'ambito del progetto definitivo.

Le quote piezometriche variano tra circa 30 m s.l.m. presso il km 10+045 sino a un minimo di circa 20 m s.l.m. all'altezza del km 19+000.

Per avere ulteriori indicazioni temporalmente estese della fluttuazione della falda nel settore circostante l'area in oggetto si può fare riferimento ai già discussi dati delle reti di controllo piezometrico della Provincia di Verona e di ARPAV, e in particolare a quelle dei pozzi n. 56 di Vago, n. 1062 di Zevio e n. 174 di San Bonifacio, oltre che ai piezometri di controllo delle discariche in località C.na Lionetto del Comune di San Bonifacio, per la cui analisi dettagliata si rimanda al capitolo inerente le oscillazioni della falda.

Si rimarcano tuttavia le escursioni stagionali dell'ordine di 4-4.5 m che contraddistinguono i punti di controllo ubicati presso il margine collinare (pozzo di Vago), escursioni che tendono a ridurre la propria entità procedendo verso Sud e avvicinandosi alla fascia delle risorgive (pozzi di Zevio e San Bonifacio). Pur dovendo considerare le significative oscillazioni della falda che si riscontrano in alcuni pozzi presso il margine collinare, è tuttavia presumibile che, in buona parte della piana dei T. Fibbio e D'Illasi, sopra la quale si sviluppa il tratto in esame, le estese condizioni di sub-affioramento della falda possano determinare, in ragione della presenza di sorgenti di terrazzo, di fontanili e di corsi d'acqua che drenano la falda, un marcato smorzamento delle escursioni stagionali e pluriannuali che verosimilmente non dovrebbero mediamente superare l'ordine di grandezza di 1-2 m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 106 di 234

Per quanto attiene infine le caratteristiche di conducibilità idraulica dell'unità a prevalenza ghiaioso-sabbiosa e sabbiosa che costituisce l'acquifero contenente la prima falda libera, per il tratto in esame sono al momento disponibili i risultati ricavati dalle prove Lefranc riportate nella seguente Tabella 8, contestualmente alla profondità e alla litologia del tratto in prova.

Per i terreni a litologia ghiaioso sabbiosa attribuibili alla litozona più superficiale si sono ricavati valori del coefficiente di permeabilità compresi tra circa  $3 \cdot 10^{-5}$  e  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Tabella 8 - Risultati delle prove Lefranc eseguite nel tratto 2.

Sondaggio	Profondità (m da p.c.)	Litologia	Conducibilità idraulica (m/s)
XA203P010	7-8	Ghiaia sabbiosa	$1.27 \cdot 10^{-5}$
	19-20	Sabbia deb. limosa	$2.49 \cdot 10^{-6}$
XA203C011	9.2-10.2	Ghiaia sabbiosa	$1.36 \cdot 10^{-5}$

Si ribadisce che tali valori sono verosimilmente affetti da una marcata sottostima connessa alla tipologia di prova e pertanto; si suggerisce quindi l'utilizzo di valori superiori del coefficiente di permeabilità dell'ordine di quelli indicati di seguito:

- Litozone ghiaioso-sabbiose:  $k = 1 \cdot 10^{-3} \div 3 \cdot 10^{-3}$  m/s.
- Litozone sabbiose o sabbioso-ghiaiose:  $k = 5 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-3}$  m/s
- Litozone sabbioso-limose:  $k = 1 \cdot 10^{-4} \div 5 \cdot 10^{-4}$  m/s

Un'ulteriore peculiarità idrogeologica che interessa il tratto in esame e in parte anche quello del tratto 1 è dato dalla presenza di acque sotterranee contraddistinte da anomalie termiche connesse alla presenza della Zona termale di Caldiero.

Nella zona di Caldiero la presenza di sorgenti di acque calde (con temperature sino a  $26^{\circ}$  C) è nota sin da epoca Romana, come testimoniano le Antiche Terme di Giunone.

Alcune perforazioni effettuate in località limitrofe hanno messo in luce la presenza di falde artesiane a profondità tra 10 e 100 m, con anomalie di temperatura variabili da  $28^{\circ}$  a  $16^{\circ}$ C, in un'area compresa tra Lendinara, Leppia, Boccare, Bussolo, Caldierino, Tombesano e Caldiero stesso.

Mentre a Caldiero e nella zona tra Bussolo e Leppia le acque affiorano naturalmente, altrove tali acque sono captate da pozzi. Nella grande maggioranza dei casi le acque sono artesiane o salienti.

L'estensione approssimativa dell'area interessata dalla presenza di anomalie termiche nelle acque di falda è mostrata nelle Tavole IN1710EI2P5GE0000025C e IN1710EI2P5GE0000026C.

L'acquifero ospitante le falde termali è costituito da depositi alluvionali poco differenziati, di tipo sabbioso ghiaioso, con intercalazioni di depositi sottili scarsamente permeabili, che confinano i depositi più grossolani. Il complesso alluvionale presenta uno spessore di circa 200 m, ed è sovrapposto a un substrato calcareo.

L'esame delle temperature di numerosi pozzi ha evidenziato una grande variabilità anche tra pozzi vicini, verosimilmente in ragione di un diverso mescolamento delle acque calde con acque fredde più superficiali

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 107 di 234

di provenienza locale, dovuto a una certa complessità geologica, determinata o dalla presenza di sedimenti con diverso grado di permeabilità o dalla presenza di disturbi tettonici o da entrambi.

Il modello di circolazione proposto nei vari studi esistenti suggerisce l'ipotesi che le anomalie termiche siano riconducibili alla risalita di fluidi ad alta temperatura circolanti in profondità entro i litotipi del substrato calcareo.

Secondo Sighinolfi et Alii (1982), che traggono le loro deduzioni sulla base di una indagine geochimica, la presenza di acque calde è da mettere in relazione con l'esistenza di un potente serbatoio carbonatico profondo, probabilmente sede di intensa circolazione di fluidi termali. L'area di ricarica del serbatoio potrebbe coinvolgere una grande estensione, comprendente parte delle Alpi calcaree meridionali. La datazione effettuata con il metodo <sup>14</sup>C su di un'acqua a temperatura anomala di Lendinara ha fornito un'età corretta di 3.400 anni B.P.

Le indagini geochimiche e isotopiche, unite a considerazioni di geologia regionale, permettono di ipotizzare una stretta analogia fra le acque calde della zona e quelle dell'area termale Berico-Euganea. La circolazione profonda sarebbe legata a processi di infiltrazione delle acque meteoriche nelle strutture calcaree della fascia prealpina, a elevata permeabilità per fratturazione e carsismo, da un successivo approfondimento delle acque attraverso le discontinuità tettoniche, con il raggiungimento del basamento cristallino impermeabile.

La presenza di un elevato e anomalo gradiente geotermico, favorirebbe la termalizzazione dei fluidi, che in seguito risalirebbero attraverso i principali sistemi di faglie subverticali miscelandosi con le acque contenute negli acquiferi alluvionali.

Altre ipotesi, vista la non elevatissima termalità delle acque e il loro relativamente basso tenore salino, configurano invece la possibilità che le anomalie termiche possono essere dovute a un semplice riscaldamento dei circuiti idrici superficiali, legato alle anomalie del flusso di calore.

Nella zona di Lendinara, tra il Km 9+200 e km 10+400 circa il tracciato ferroviario interseca l'area idrotermale, mentre dal km 10+400 fino a km 15+000 circa il tracciato è posizionato circa 600 m a Sud della stessa.

#### 4.2.3 VALUTAZIONE DELL'INNALZAMENTO DELLA FALDA ATTESO A MEDIO/LUNGO TERMINE

La valutazione della falda di progetto a medio e lungo termine per il tratto 2 può essere effettuata analizzando le oscillazioni freaticometriche, oltre a quelle registrate nei piezometri lungo la linea, anche quelle misurate nei pozzi n. 56 di Vago, n. 1062 di Zevio e n. 174 di San Bonifacio, per la cui analisi dettagliata si rimanda al capitolo inerente alle oscillazioni della falda.

Si rimarcano tuttavia le escursioni stagionali dell'ordine di 4-4.5 m che contraddistinguono i punti di controllo ubicati presso il margine collinare (pozzo di Vago), escursioni che tendono a ridurre la propria entità procedendo verso Sud e avvicinandosi alla fascia delle risorgive (pozzi di Zevio e San Bonifacio).

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RHGE0000003C

Foglio

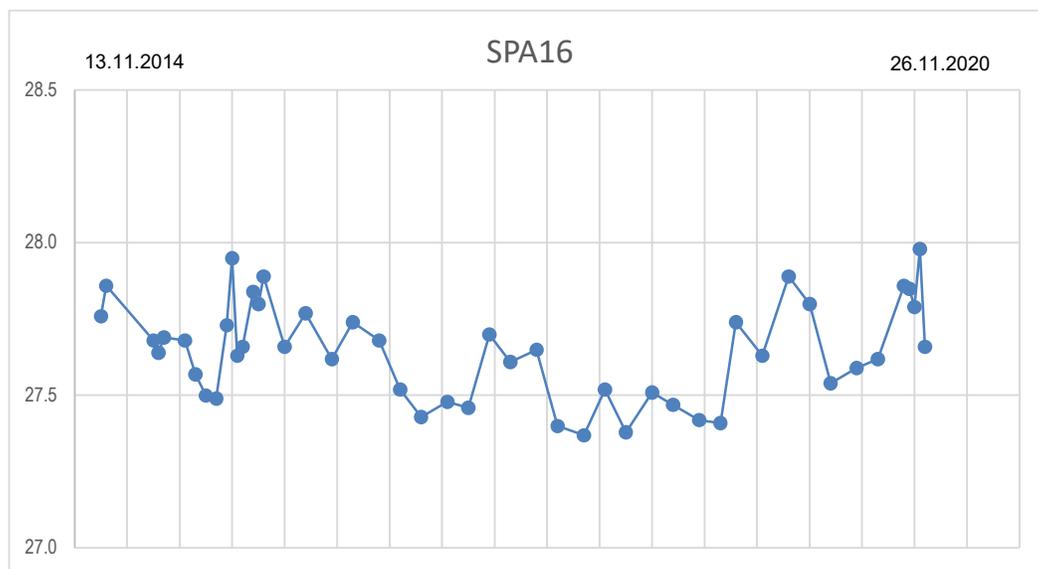
108 di 234

Pur dovendo considerare le significative oscillazioni della falda che si riscontrano nei pozzi presso il margine collinare, è atteso che, in buona parte della piana dei T. Fibbio e D'Illassi, sopra la quale si sviluppa il tratto in esame, le estese condizioni di sub-affioramento della falda possano determinare, in ragione della presenza di sorgenti di terrazzo, di fontanili e di corsi d'acqua che drenano la falda, un marcato smorzamento delle escursioni stagionali e pluriannuali che verosimilmente non dovrebbero mediamente superare l'ordine di grandezza di 1-2 m.

Per tutta la tratta del tratto 2 compresa tra le progressive 10+045 e 19+159 (tratto di scorrimento al di sopra della piana dei T. Fibbio e D'Illassi - terrazzo FgWt), alla luce dei valori di soggiacenza rilevati nei piezometri si suggerisce l'utilizzo dei seguenti valori:

- falda di progetto a medio termine (un anno): piano campagna;
- falda di progetto a lungo termine: piano campagna.

Di seguito si riportano le misure effettuate sui piezometri realizzati nel corso della progettazione lungo la tratta di interesse (dal 13.11.2014 al 26.11.2020), in termini di quote assolute s.l.m. a partire da SPA16 (Km 10+550) fino a BH8V (18+725).









GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



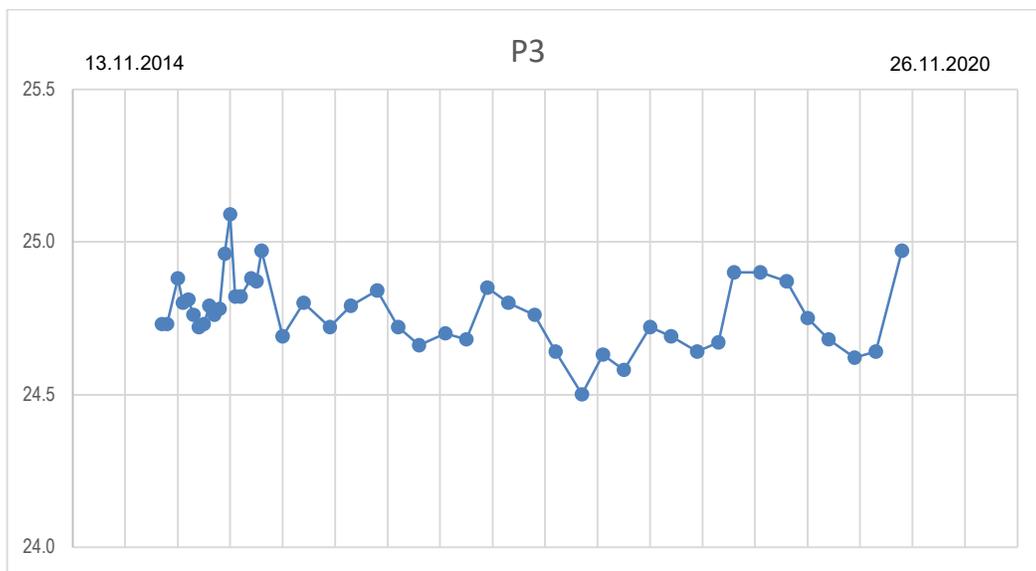
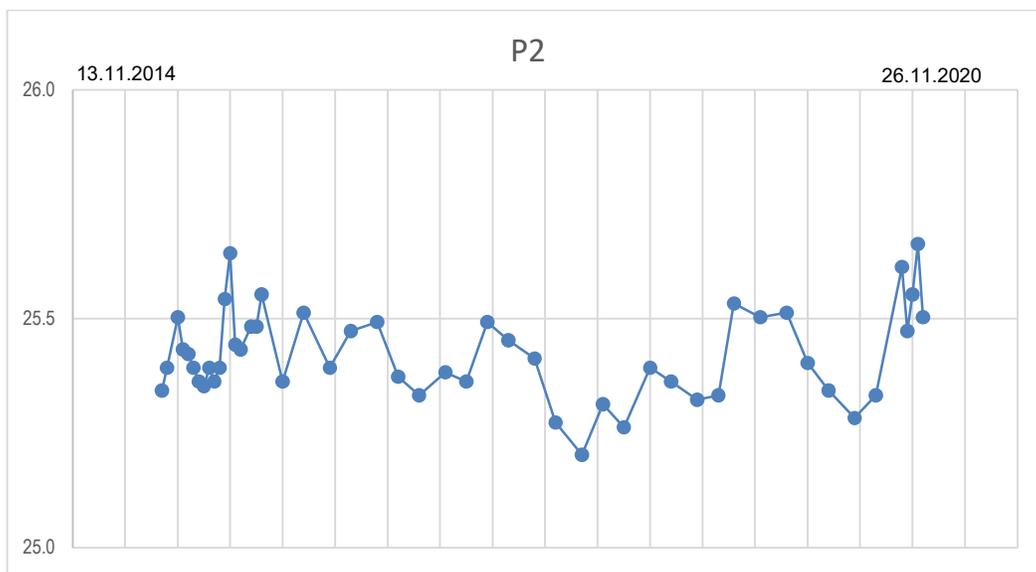
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto  
IN17

Lotto  
10

Codifica  
EI2RHGE0000003C

Foglio  
112 di 234



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



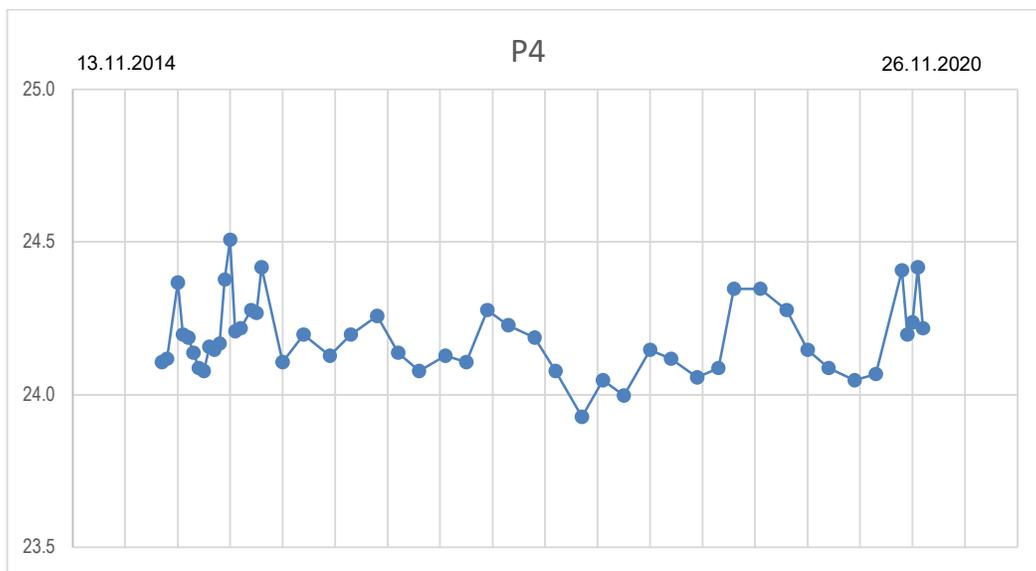
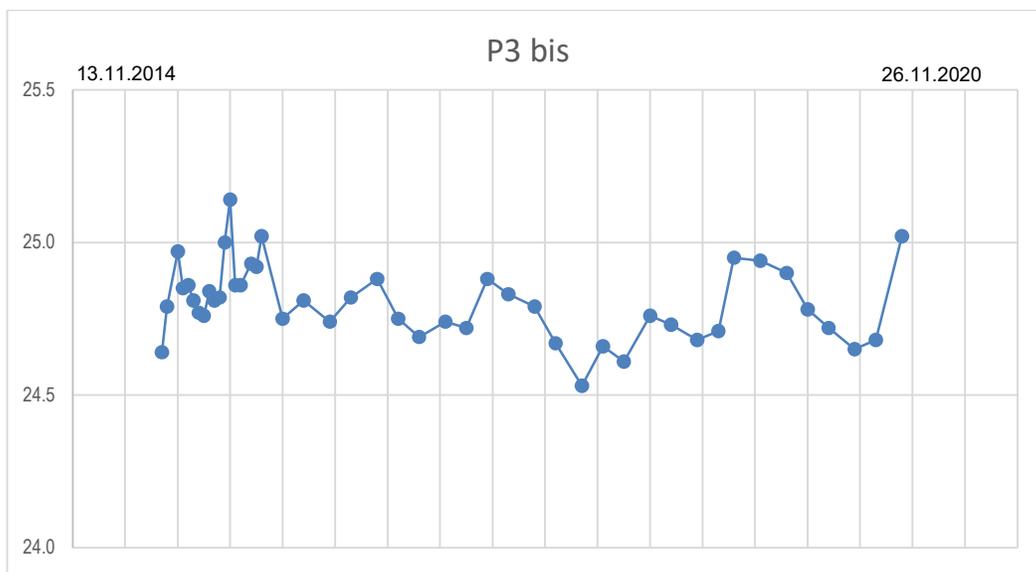
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto  
IN17

Lotto  
10

Codifica  
EI2RHGE0000003C

Foglio  
113 di 234







Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto

IN17

Lotto

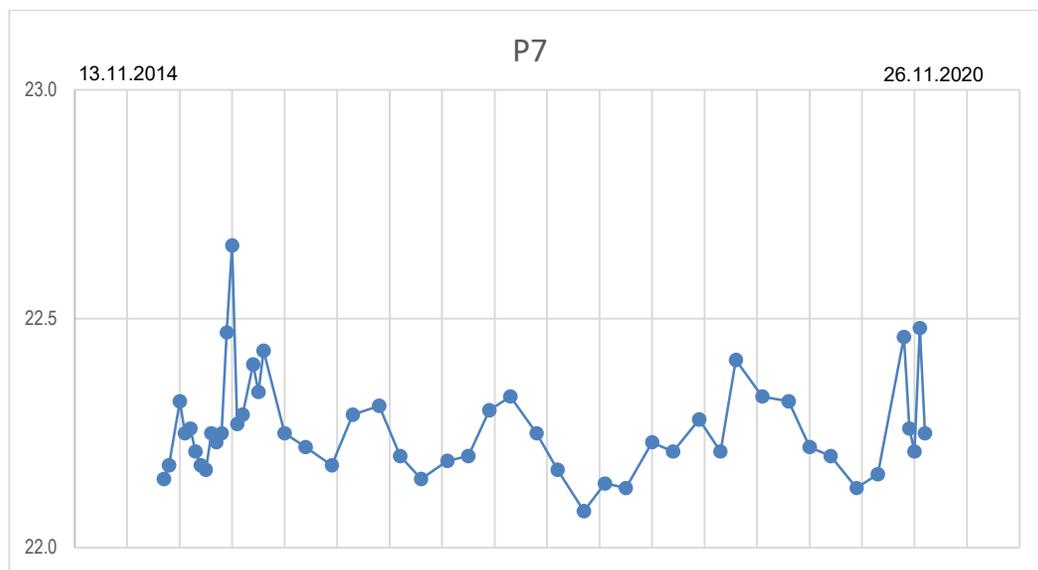
10

Codifica

EI2RHGE0000003C

Foglio

116 di 234





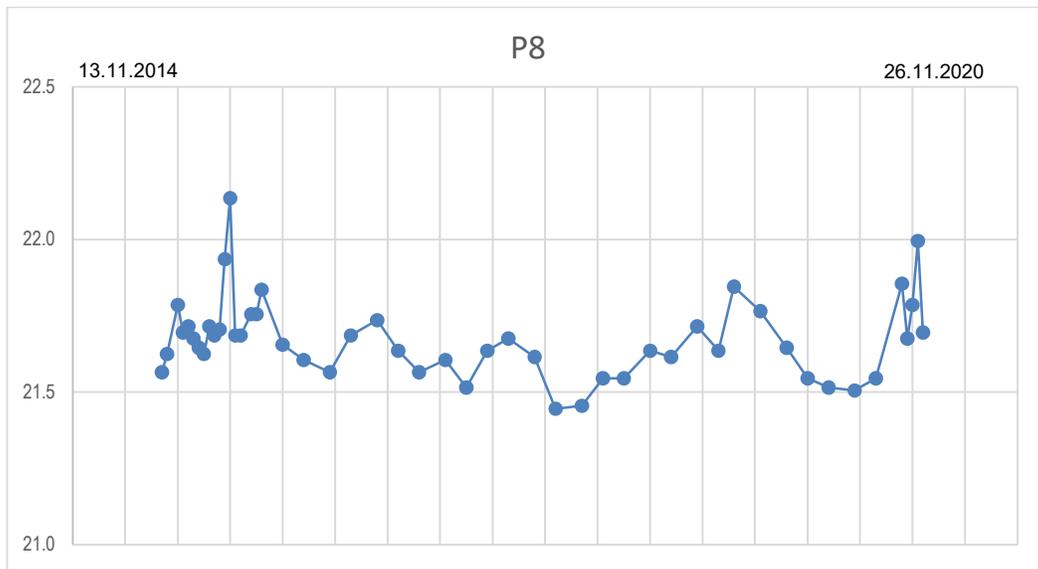
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

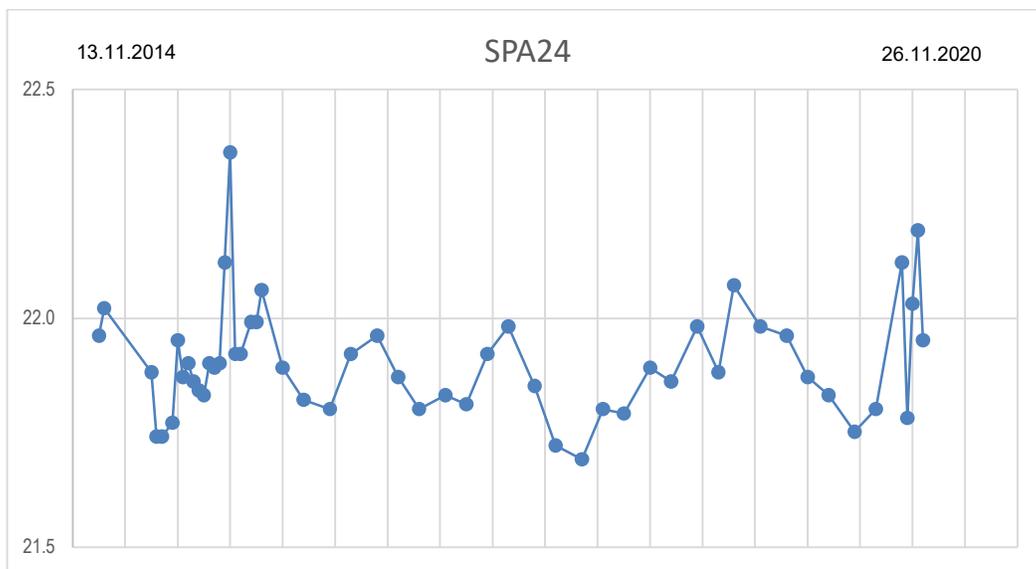
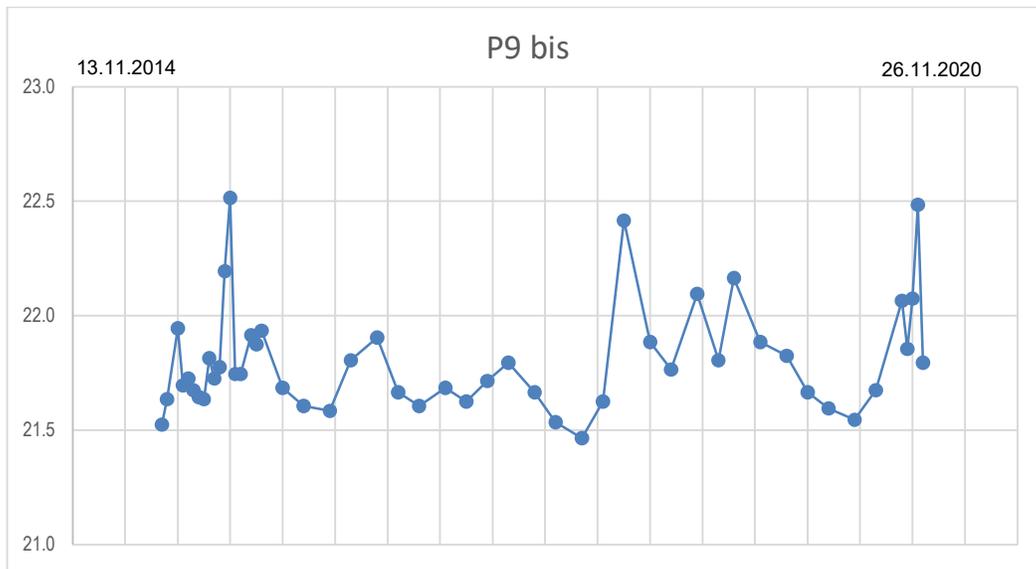
Progetto  
IN17

Lotto  
10

Codifica  
EI2RHGE0000003C

Foglio  
117 di 234







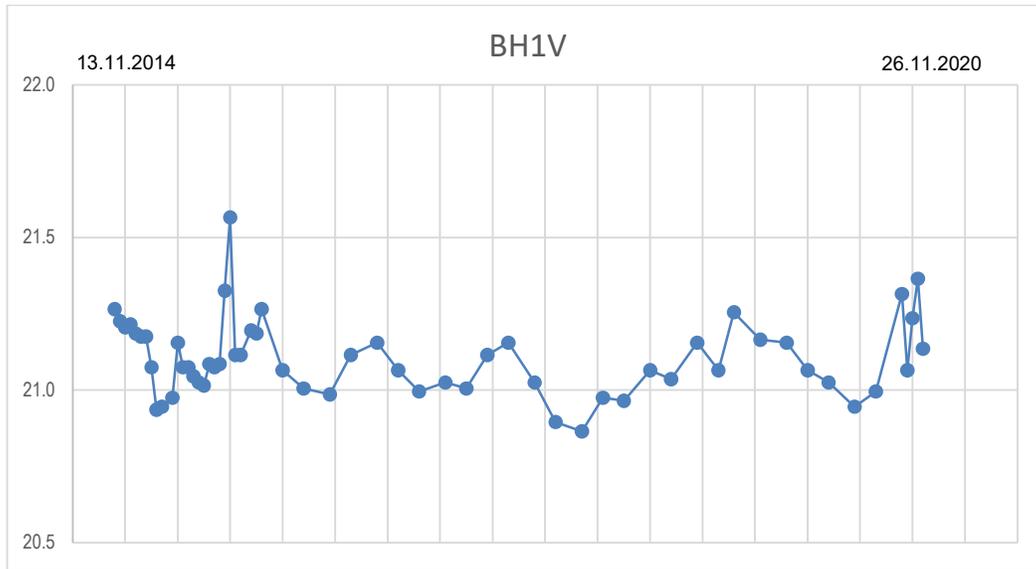
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

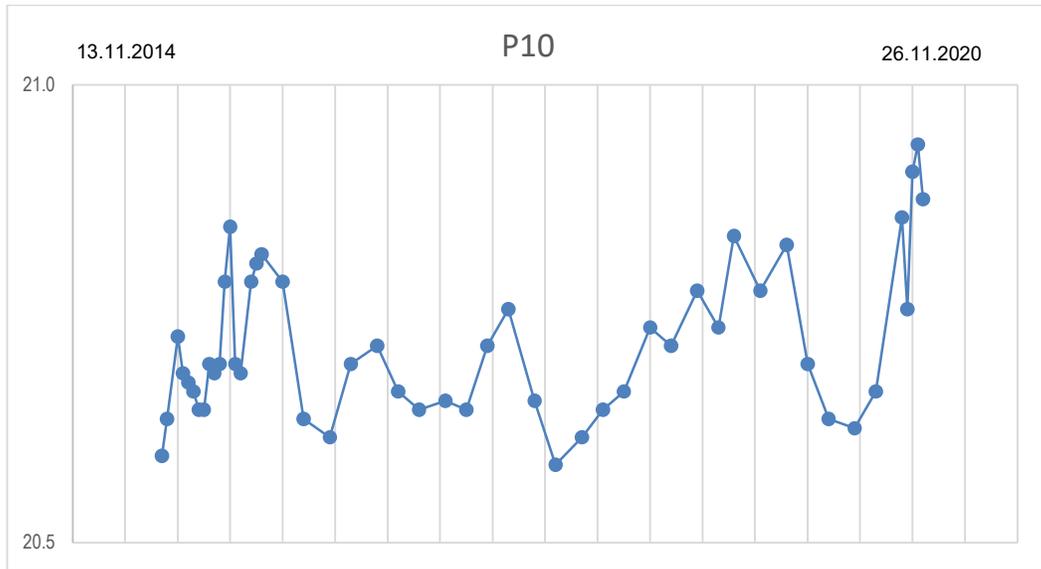
Progetto  
IN17

Lotto  
10

Codifica  
EI2RHGE0000003C

Foglio  
119 di 234





GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



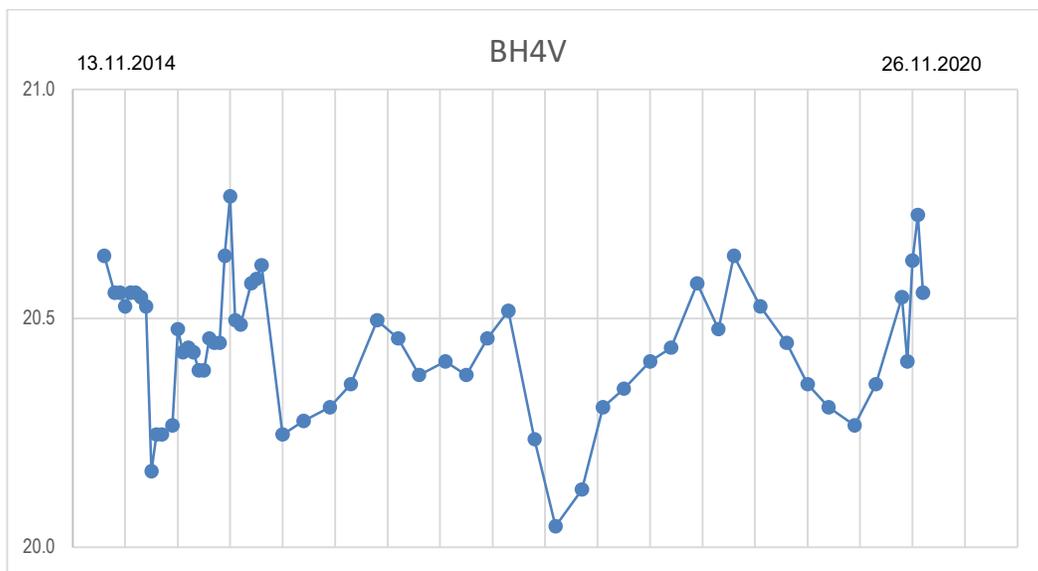
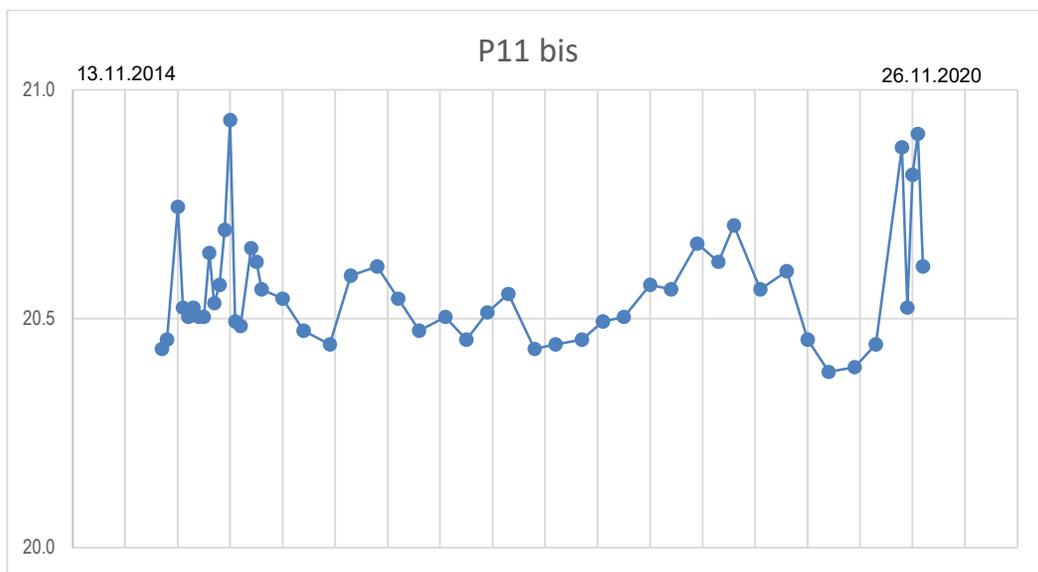
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto  
IN17

Lotto  
10

Codifica  
EI2RHGE0000003C

Foglio  
121 di 234



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



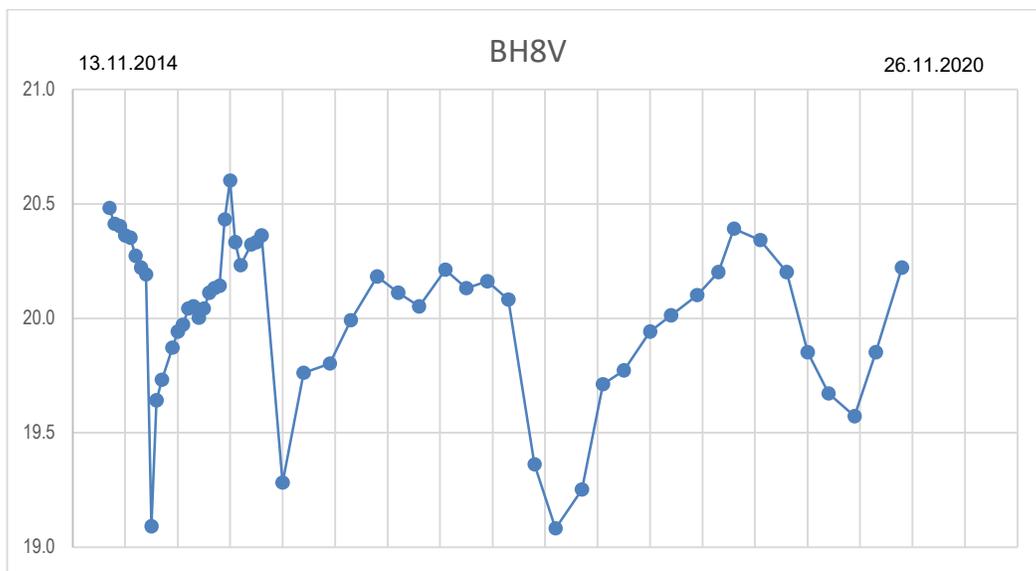
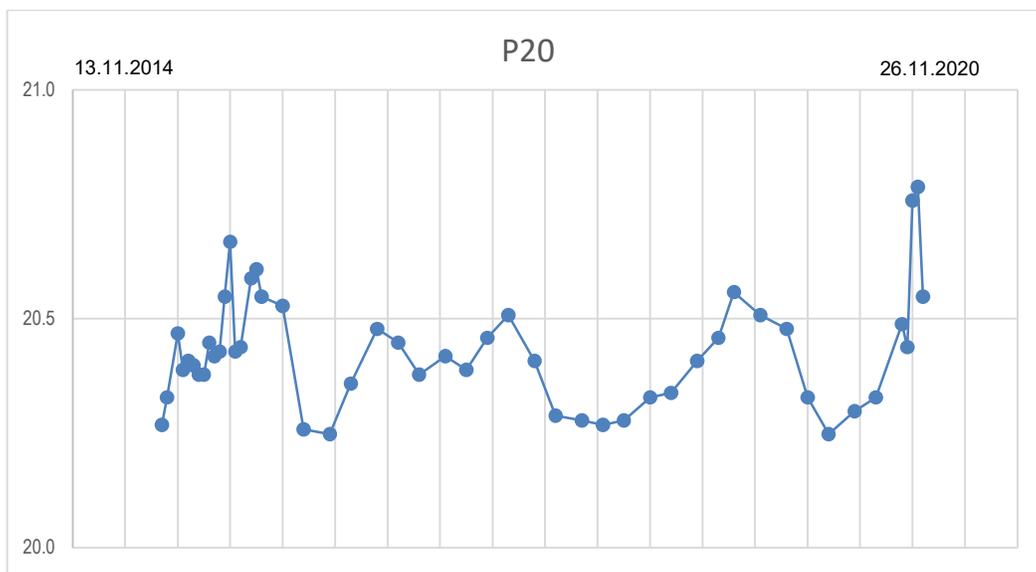
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto  
IN17

Lotto  
10

Codifica  
EI2RHGE0000003C

Foglio  
122 di 234



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 123 di 234

### 4.3 TRATTO TRA pk 19+160 E pk 21+990

#### 4.3.1 INDAGINI E PROVE ESEGUITE

Nel corso della progettazione, a seguito della cosiddetta variante S. Bonifacio (tra le progressive 12+600 e 28+877) buona parte del tracciato è stato modificato, soprattutto nel tratto all'incirca fino alla progressiva 28+877.

Pertanto, si dispone sia delle indagini eseguite lungo l'originario tracciato che attraversava l'abitato di San Bonifacio, sia di quelle effettuate lungo il nuovo tracciato che scorre a Sud dell'abitato.

Un insieme significativo per i fini del presente inquadramento delle indagini effettuate lungo il tracciato o nelle immediate vicinanze è il seguente:

- BH8V, BH-PZ-PE-40, BH10V, BH12V, BH15V: sondaggi a carotaggio continuo (SP) con installazione di piezometro Casagrande (C), piezometro a Tubo Aperto (A), piezometro a doppio tubo aperto (AA) eseguiti nel 2014-2015 e nel 2020;
- BH7V, BH9V, BH11V, BH-PE-42, BH13V, BH-PE-43: sondaggi a carotaggio continuo, eseguiti nel 2015 e nel 2020;
- BH14V: sondaggi a carotaggio continuo attrezzati per esecuzione di prove cross-hole, eseguiti nel 2014;
- BH-DH-PE-41: sondaggio a carotaggio continuo attrezzato con tubo cieco per prove Down Hole, eseguito nel 2020

Mentre quelle effettuate lungo la prima ipotesi di tracciato sono le seguenti:

- SPAA29, SPAA31: sondaggi a carotaggio continuo (SP) con installazione di piezometro a Tubo Aperto (A), piezometro a doppio tubo aperto (AA) eseguiti nel 2014;
- CH7: sondaggio a distruzione di nucleo per esecuzione di prove cross-hole, eseguito nel 2014;
- XA203PO12: sondaggio geognostico a carotaggio continuo con installazione di piezometro a tubo aperto, eseguito nel 2002;
- SP28BIS, SP32: sondaggi a carotaggio continuo attrezzati per esecuzione di prove cross-hole, eseguiti nel 2014;
- SDA30, SDA33: sondaggio a distruzione di nucleo per installazione di Piezometro a Tubo Aperto, eseguito nel 2014.

Le principali caratteristiche costruttive dei succitati sondaggi, nonché le misure e le indagini in sito eseguite in loro corrispondenza sono di seguito descritte.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 124 di 234

### **Sondaggio a distruzione di nucleo attrezzato con tubo cieco per prove Cross Hole**

identificativo: **CH7**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 1850 m all'altezza del km 21+500

quota piano campagna: 31.9 m s.l.m.

profondità: 35 m

tubo pvc ø 3" per Cross Hole fino a 35 m da p.c.

### **Sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con tubo cieco per prove Down Hole**

identificativo: **BH-DH-PE-41**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: 20+620

quota piano campagna: 30.15

profondità: 50 m

soggiacenza misurata durante le prove: 9.00 m da pc

### **Sondaggi a distruzione di nucleo attrezzati con piezometro a tubo aperto**

identificativo: **SDA30**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 1300 m all'altezza del km 19+400

quota piano campagna: 27.078 m s.l.m.

quota bocca foro: 27.136 m s.l.m.

profondità: 20 m

tratto filtrante: tra 6 e 18 m da b.f.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 3.56 m da p.c. (17.12.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 23.52 m s.l.m.

identificativo: **SDA33**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 1850 m all'altezza del km 21+500

quota piano campagna: 30.597 m s.l.m.

profondità: 20 m

tratto filtrante: tra 8 e 18 m da b.f.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 125 di 234

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 3.21 m da p.c. (17.12.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 27.39 m s.l.m.

### **Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato con tubo cieco per prove Cross Hole**

identificativo: **SP28BIS**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 1300 m all'altezza del km 19+400

quota bocca foro: 27.05 m s.l.m.

profondità: 50 m

identificativo: **BH14V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 21+430

quota piano campagna: 25.963 m s.l.m.

profondità: 50 m

tubo pvc ø 3" per Cross Hole fino a 50 m da p.c.

identificativo: **SP32**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 1850 m all'altezza del km 21+600

quota bocca foro: 30.67 m s.l.m.

profondità: 20 m

### **Sondaggi a carotaggio continuo**

identificativo: **BH7V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 19+390

quota piano campagna: 21.244 m s.l.m.

profondità: 30 m

identificativo: **BH9V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 20+150

quota piano campagna: 21.936 m s.l.m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 126 di 234

profondità: 50 m

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 1.80 m da p.c. (in fase di perforazione il 10.03.2015)

massima quota piezometrica rilevata: 20.14 m s.l.m.

identificativo: **BH11V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 20+680

quota piano campagna: 27.069 m s.l.m.

profondità: 50 m

identificativo: **BH-PE-42**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 21+110

quota bocca foro: 24.64 m s.l.m.

profondità: 50 m

soggiacenza misurata durante le prove: 2.90 m da pc

identificativo: **BH13V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 21+260

quota piano campagna: 26.121 m s.l.m.

profondità: 50 m

identificativo: **BH-PE-43**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 21+600

quota bocca foro: 26.35 m s.l.m.

profondità: 50 m

soggiacenza misurata durante le prove: 3.20 m da pc

### **Sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con piezometro a tubo aperto o Casagrande**

identificativo: **SPAA29**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 890 m all'altezza del km 19+000

quota piano campagna: 22.727 m s.l.m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 127 di 234

quota bocca foro: 22.797 m s.l.m.  
profondità sondaggio: 50 m  
tratto filtrante piezometro superficiale: tra 6 e 24 m da bf  
tratto filtrante piezometro profondo: tra 27 e 47 m da bf  
minima soggiacenza rilevata nel piezometro superficiale (data della misura): 1.12 m da pc (17.12.2014)  
massima quota piezometrica rilevata nel piezometro superficiale: 21.61 m s.l.m.  
minima soggiacenza rilevata nel piezometro profondo (data della misura): 1.15 m da pc (17.12.2014)  
massima quota piezometrica rilevata nel piezometro superficiale: 21.58 m s.l.m.

identificativo: **XA203P012**

anno di perforazione: 2002

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 1330 m all'altezza del km 19+700

quota bocca foro: 25.1 m s.l.m.

profondità: 50 m

tratto filtrante: tra 6 e 50 m da b.f.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 2.25 da p.c. (2002)

massima quota piezometrica rilevata: 22.85 m s.l.m.

prova Lefranc 1: eseguita tra 9.0 e 10.0 m da p.c.

litologia del tratto di prova: sabbia da fine a grossa

coefficiente di permeabilità calcolato: n.d.

identificativo: **BH8V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 19+865

quota piano campagna: 21.652 m s.l.m.

profondità sondaggio: 50 m

tratto filtrante: tra 32.0 e 50.0 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata nel piezometro (data della misura): 1.17 m da p.c. (07.04.2015)

massima quota piezometrica rilevata nel piezometro: 20.48 m s.l.m.

identificativo: **SPAA31**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 1520 m all'altezza del km 19+900

quota piano campagna: 28.339 m s.l.m.

quota bocca foro: 28.428 m s.l.m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 128 di 234

profondità: 50 m

tratto filtrante piezometro superficiale: tra 12 e 27 m da bf

tratto filtrante piezometro profondo: tra 32 e 50 m da bf

minima soggiacenza rilevata nel piezometro superficiale (data della misura): 2.2 m da pc (27.03.2015)

massima quota piezometrica rilevata nel piezometro superficiale: 26.14 m s.l.m.

minima soggiacenza rilevata nel piezometro profondo (data della misura): 5.96 m da pc (17.12.2014)

massima quota piezometrica rilevata nel piezometro profondo: 22.38 m s.l.m.

identificativo: **BH-PZ-PE-40**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 20+400

quota bocca foro: 23.00

profondità: 50 m

tratto filtrante: tra 9 e 18 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 2.45 da bf (2020)

identificativo: **BH10V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 20+570

quota piano campagna: 26.498 m s.l.m.

profondità sondaggio: 50 m

tratto di posa della cella Casagrande: tra 48.0 e 50.0 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata nel piezometro (data della misura): 6.0 m da pc (28.03.2015)

massima quota piezometrica rilevata nel piezometro: 20.50 m s.l.m.

identificativo: **BH12V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 20+940

quota piano campagna: 25.203 m s.l.m.

profondità: 50 m

tratto filtrante: tra 11 e 50 m da pc

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 4.70 m da p.c. (28.03.2015)

massima quota piezometrica: 20.50 m s.l.m.

identificativo: **BH15V**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 129 di 234

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 21+860

quota piano campagna: 26.296 m s.l.m.

profondità: 50 m

tratto di posa della cella Casagrande: tra 22 e 24.5 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 5.74 m da p.c. (07.04.2015)

massima quota piezometrica: 20.56 m s.l.m.

Inoltre, sulle cartografie idrogeologiche sono localizzati i seguenti pozzi rilevati lungo le pk di interesse per il tratto in esame nell'intorno del tracciato (19+160-21+990) sulla base di quanto ottenuto in sede di PD per gentile concessione del Centro Idrico Novoledo srl (cfr. elenchi provenienti da ex-aziende municipalizzate):

- Ps3069030
- Ps3069029
- Ps3069026
- Ps3069028
- Ps3069037
- Ps3069031
- Ps3069038
- Ps3069039
- Ps3069042
- Ps3069041
- Ps3069040

#### 4.3.2 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

Nel tratto in esame, l'opera interessa il territorio comunale di S. Bonifacio (Figura 35).

La morfologia della tratta in oggetto è contraddistinta dalla larga valle interclusa tra i rilievi del margine prealpino lessineo a Nord e quelli dei Colli Berici a Sud-Est; le quote altimetriche topografiche variano infatti da circa 21 m s.l.m. a valori di circa 45 m s.l.m. con pendenza media in direzione Sud-Ovest dello 0.2% circa.

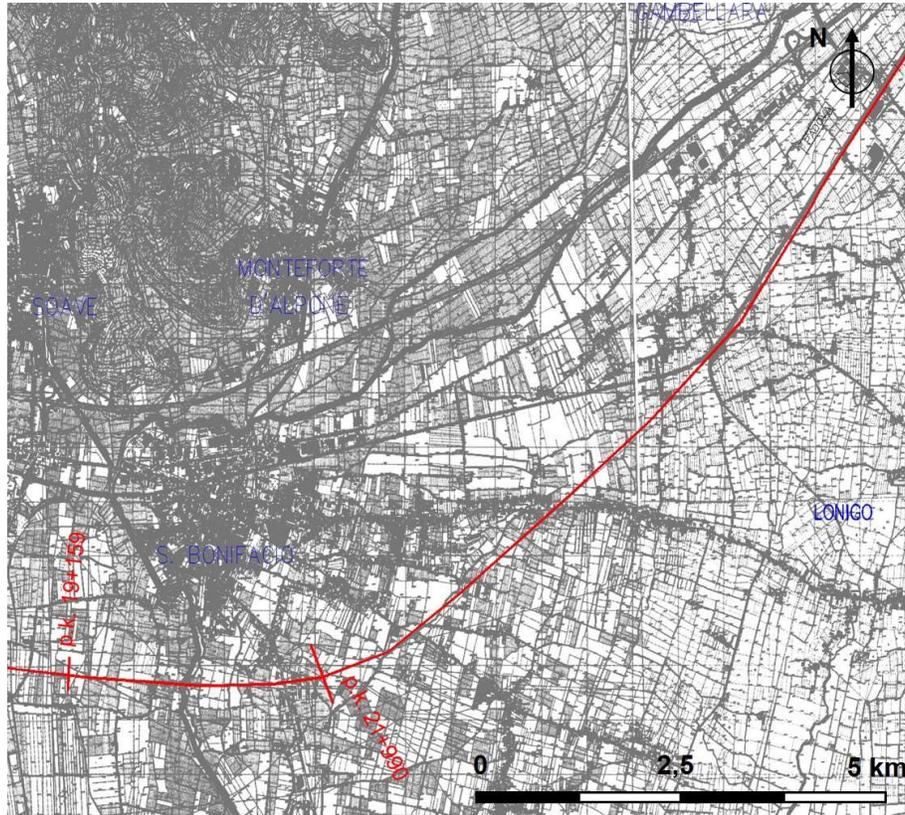


Figura 35 - Inquadramento territoriale del tratto 3 (km 19+159 – 21+990).

Come evidenziato nell'elaborato IN1711EI2P5GE0000027C, il tracciato si sviluppa quasi interamente al di sopra delle alluvioni grossolane e fini dei corsi d'acqua Alpone e Chiampo interessando, per un tratto in corrispondenza dell'abitato di S. Bonifacio, anche un terrazzo relitto della conoide atesina (FgW).

La prima unità viene attraversata tra le progressive 19+700 e 21+600 circa, mentre la seconda tra le progressive 21+600 e 26+400.

Nel primo tratto, che si sviluppa al di sopra dei terreni wurmiani e delle alluvioni dei torrenti lessinei, si hanno caratteristiche sostanzialmente analoghe a quelle del precedente tratto 2, vale a dire contraddistinte da una netta prevalenza di litologie sabbiose, con intercalati livelli di ghiaie sabbiose e corpi lenticolari limoso-argillosi di scarso spessore ed estensione areale.

Al di sopra del terrazzo del Diluvium Recente (FgW) la copertura superficiale limoso-argillosa, presente nel Diluvium tardivo (FgWt), si riduce di spessore e talora viene sostituita da livelli sabbiosi e ghiaioso-sabbiosi.

A partire dalle aree di affioramento della conoide formata dalle alluvioni depositate dai corsi d'acqua Chiampo e Agno-Guà si hanno importanti modifiche nella composizione litologica del sottosuolo, che diviene in larga prevalenza costituita da sedimenti coesivi limoso-argillosi ai quali sono intercalati livelli granulari perlopiù formati da sabbie, da medie a fini, e in minor misura da ghiaie.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 131 di 234

Nell'ambito delle unità idrogeologiche prevalentemente sabbioso-ghiaiose attribuite alle facies fluviali e fluvioglaciali della conoide atesina (Wurm e Wurm tardivo) si è in presenza di un acquifero monostrato, sede di una falda libera con debole soggiacenza variabile all'incirca tra 1.5 e 6 m dal piano campagna, in funzione della conformazione altimetrica del territorio.

In particolare, la soggiacenza subisce un incremento sino a valori medi di 4-6 m in corrispondenza del terrazzo del Diluvium recente (FgW) di San Bonifacio che è rilevato di circa 4-5 m rispetto alle circostanti piane formate dal Diluvium Tardivo verso Ovest e dalle alluvioni dell'Agno-Guà, verso Est.

Sul limite occidentale del terrazzo del Wurm il salto è netto e di conseguenza anche la soggiacenza subisce un repentino incremento.

I livelli limoso argillosi inglobati nei prevalenti depositi granulari, per la loro modesta estensione areale, non costituiscono elementi in grado di determinare, se non a scala molto localizzata, condizioni di semi-confinamento delle acque sotterranee a profondità superiori a 20 m, vale a dire al di sotto dei primi livelli coesivi significativi riscontrati dai sondaggi nella prima tratta del tratto 3.

A tale riguardo le misure eseguite nel sondaggio SPAA29, ubicato fuori asse a ridosso del T. Alpone, in cui sono stati inseriti, e adeguatamente separati con bentonite, due piezometri a tubo aperto, un primo fenestrato nello strato ghiaioso-sabbioso rinvenuto sino alla profondità di circa 24 m dal p.c., un secondo nello strato sabbioso sottostante una lente di argilla limosa riscontrata tra 24.3 e 26.5 m dal p.c., non hanno evidenziato alcuna sostanziale differenza di carico idraulico tra le falde captate.

Procedendo verso Est, laddove il tracciato si sviluppa al di sopra del bacino idrogeologico Alpone-Chiampo-Agno, la predominanza di materiali limoso argillosi determina la presenza di un sistema di falde semi-confinata e confinata contenute all'interno dei livelli sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi, contraddistinti da spessori medi variabili tra 2 e 10 m.

Di particolare significato è la forte differenza di carico idraulico tra le falde sovrapposte captate nel piezometro SPAA31 (fuori asse) ubicato in questo bacino idrogeologico. In questo punto di controllo sono stati inseriti, e adeguatamente separati con bentonite, due piezometri a tubo aperto, un primo fenestrato nello strato ghiaioso-sabbioso rinvenuto tra circa 11 e 28 m da p.c., un secondo nello strato sabbioso sottostante una lente di argilla limosa riscontrata tra circa 30 e 47 m dal p.c., che hanno evidenziato un dislivello di quasi 4 m tra le due falde.

Per quanto attiene la morfologia della superficie piezometrica, sulla base delle indicazioni fornite dall'elaborato IN1711EI2P5GE0000027C (stralcio in Figura 35), delle quote ricostruite dalle misure recentemente eseguite nei piezometri realizzati lungo la tratta ferroviaria e degli studi eseguiti per i bacini idrografici dell'Alpone, del Chiampo e dell'Agno-Guà, si evidenzia un flusso idrico sotterraneo che scende con direzione approssimativamente NNE-SSW tra gli abitati di Montebello Vicentino e San Bonifacio con una locale anomalia piezometrica presso la località Locara del Comune di San Bonifacio dove si individua un piccolo asse di drenaggio.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 132 di 234

Presso San Bonifacio, la presenza dell'asse di drenaggio del Tramigna determina infine una rotazione in senso antiorario fino ad assumere una direzione all'incirca N-S.

Le quote piezometriche, si posizionano a circa 20 m s.l.m. nel tratto iniziale del tratto 3 in Comune di S. Bonifacio.

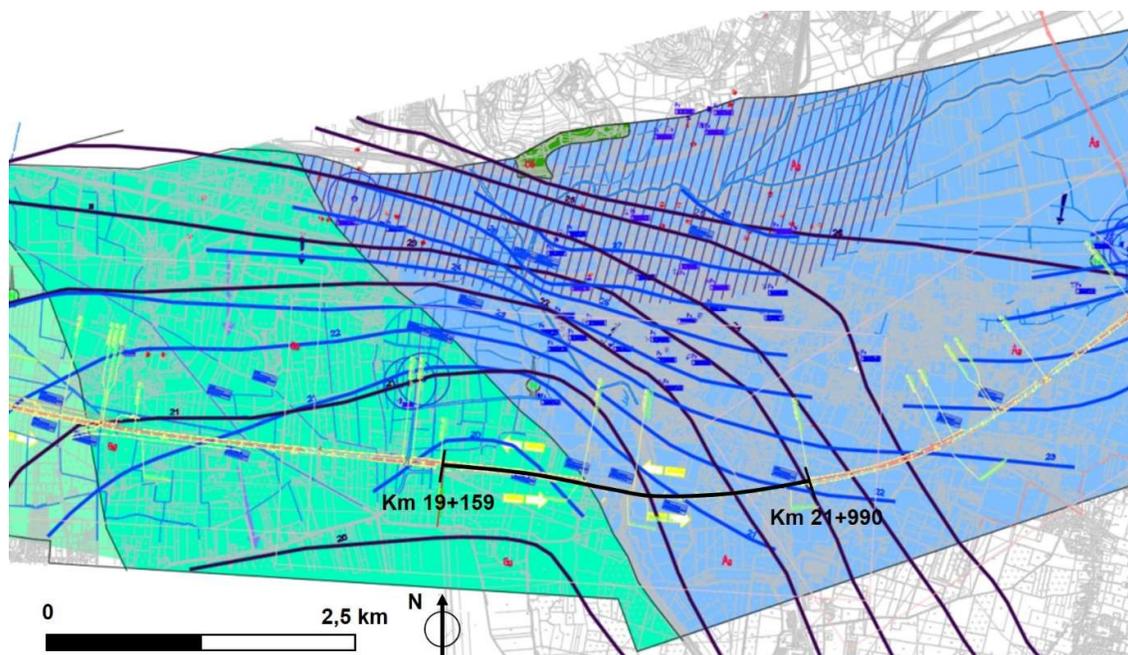


Figura 36 - Superficie piezometrica della falda nell'intorno del tratto 3.

Indicazioni in merito all'oscillazione della falda nel tratto in esame possono essere tratte dai diagrammi relativi ai pozzi n. 174 di San Bonifacio, n. 264 di Montebello Vicentino, n. 123 di Arcole, n. 105 e 153 di Lonigo, dei quali i primi tre indicativi delle reali fluttuazioni della falda presso il tracciato in progetto poiché posti in sua vicinanza.

Nei pozzi ubicati nella fascia di pianura compresa tra San Bonifacio, Arcole e Lonigo la maggiore distanza dal margine prealpino limita le escursioni stagionali a valori di poco superiori a 2 m nei pozzi n. 123 e 153, a 1 m nel pozzo n. 105 e a valori inferiori al metro nel pozzo n. 174 di San Bonifacio.

Tali valutazioni vanno tuttavia utilizzate con cautela in quanto devono essere commisurate alla limitata estensione temporale del monitoraggio freatico effettuato in questi punti di controllo.

Maggiori escursioni, tipiche delle aree più limitrofe al margine collinare dei Lessini, si riscontrano invece nel pozzo n. 264 di Montebello Vicentino, laddove l'oscillazione freatica manifesta escursioni stagionali anche superiori a 4 m.

Per quanto attiene infine le caratteristiche di conducibilità idraulica delle unità presenti in questo settore, non sono disponibili dati derivanti da prove Lefranc.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 133 di 234

#### 4.3.3 VALUTAZIONE DELL'INNALZAMENTO DELLA FALDA ATTESO A MEDIO/LUNGO TERMINE

La valutazione della falda di progetto a medio e lungo termine per il tratto 3 può essere effettuata analizzando le oscillazioni freatiche misurate nei pozzi n. 174 di San Bonifacio, n. 264 di Montebello Vicentino, n. 123 di Arcole, n. 105 e 153 di Lonigo, dei quali i primi tre indicativi delle reali fluttuazioni della falda presso il tracciato in progetto poiché posti in sua vicinanza.

Nei pozzi ubicati nella fascia di pianura compresa tra San Bonifacio, Arcole e Lonigo la maggiore distanza dal margine prealpino limita le escursioni stagionali a valori di poco superiori a 2 m nei pozzi n. 123 e 153, a 1 m nel pozzo n. 105 e a valori inferiori al metro nel pozzo n. 174 di San Bonifacio.

Tali valutazioni vanno tuttavia utilizzate con cautela in quanto devono essere commisurate alla limitata estensione temporale del monitoraggio freatico effettuato in questi punti di controllo.

Maggiori escursioni, tipiche delle aree più limitrofe al margine collinare dei Lessini, si riscontrano invece nel pozzo n. 264 di Montebello Vicentino, laddove l'oscillazione freatica manifesta escursioni stagionali anche superiori a 4 m.

Lungo buona parte del tracciato del tratto 3 la soggiacenza della falda manifesta valori estremamente ridotti, mediamente variabili tra 1 e 2 m da p.c., ma frequentemente inferiori al metro, mentre nel solo tratto che corre al di sopra del terrazzo wurmiano si hanno valori di soggiacenza superiori, variabili tra circa 6 e 4 m, procedendo da Ovest verso Est che si raccordano progressivamente a valori di circa 1 m.

Incrociando tali condizioni con le escursioni rilevate nella rete di controllo, per la tratta del tratto 3 compresa tra le progressive 19+159 e 21+990, si suggerisce l'utilizzo dei seguenti valori:

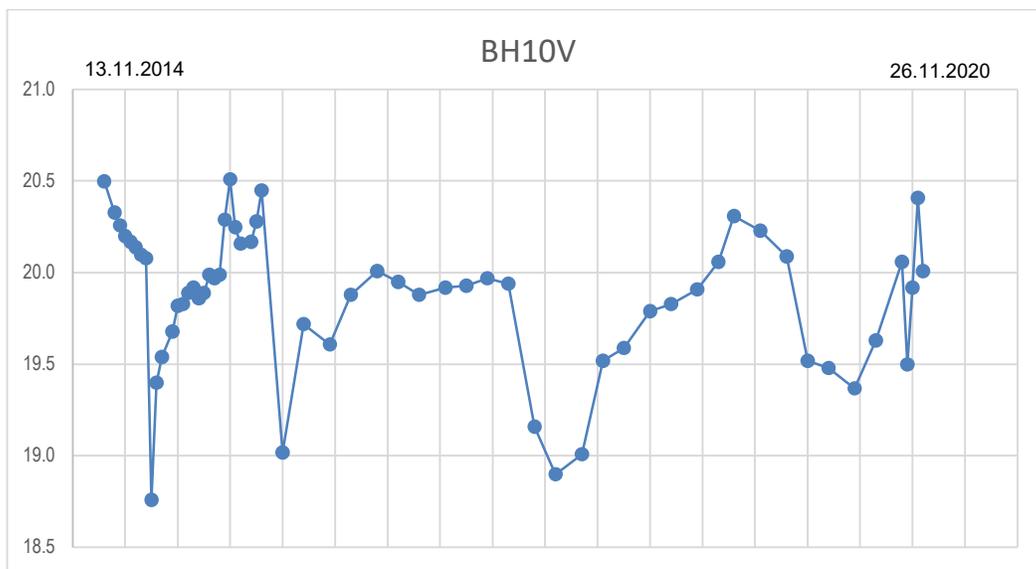
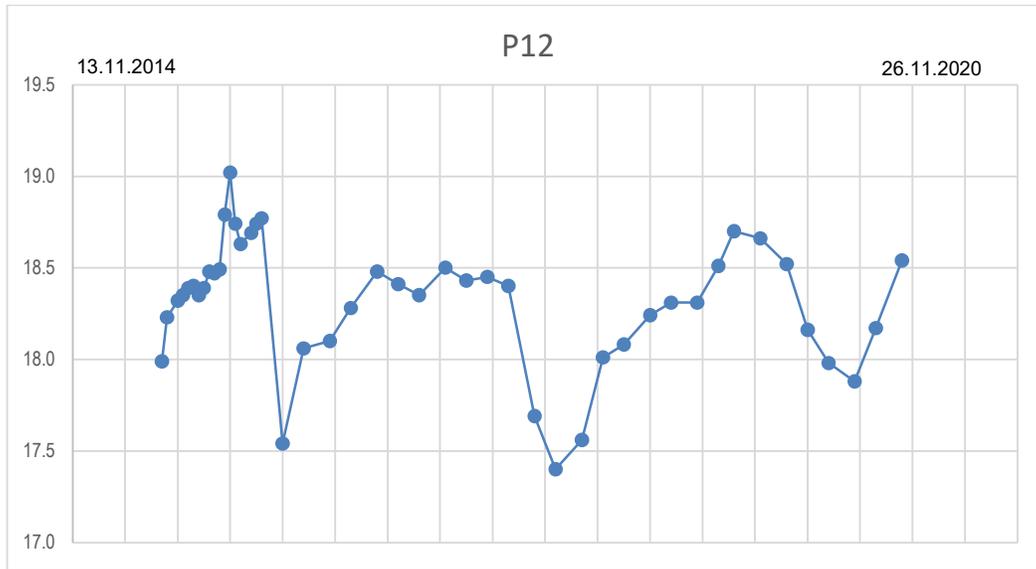
Tratta compresa tra le progressive 19+159 e 20+550

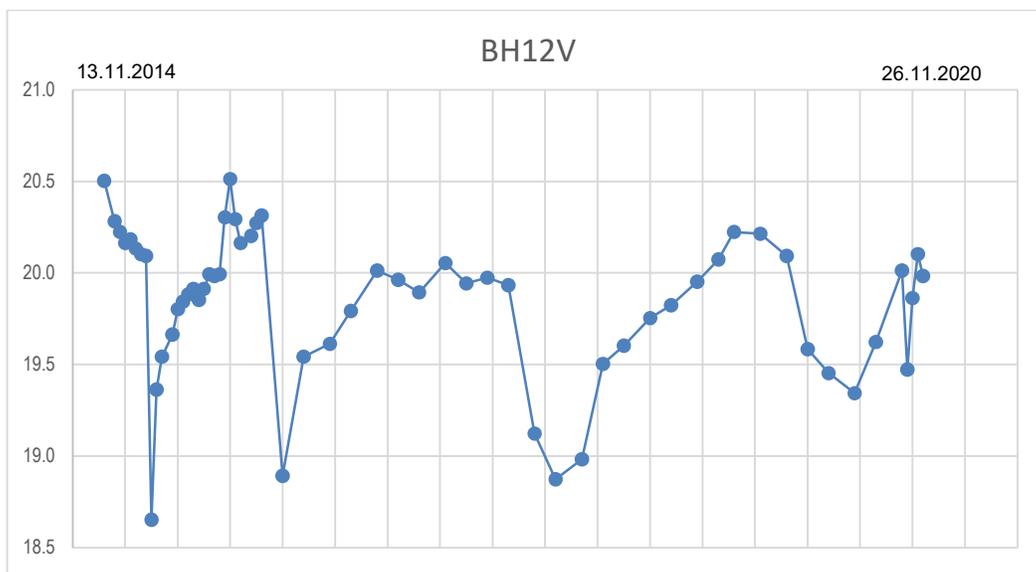
- falda di progetto a medio termine e lungo termine: piano campagna;

Tratta compresa tra le progressive 20+550 e 21+990

- falda di progetto a medio e lungo termine: -3 m da p.c.;

Di seguito si riportano le misure effettuate sui piezometri realizzati nel corso della progettazione lungo la tratta di interesse (dal 13.11.2014 al 26.11.2020), in termini di quote assolute s.l.m. a partire da P12 (Km 20+075) fino a P13 (21+900).





GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



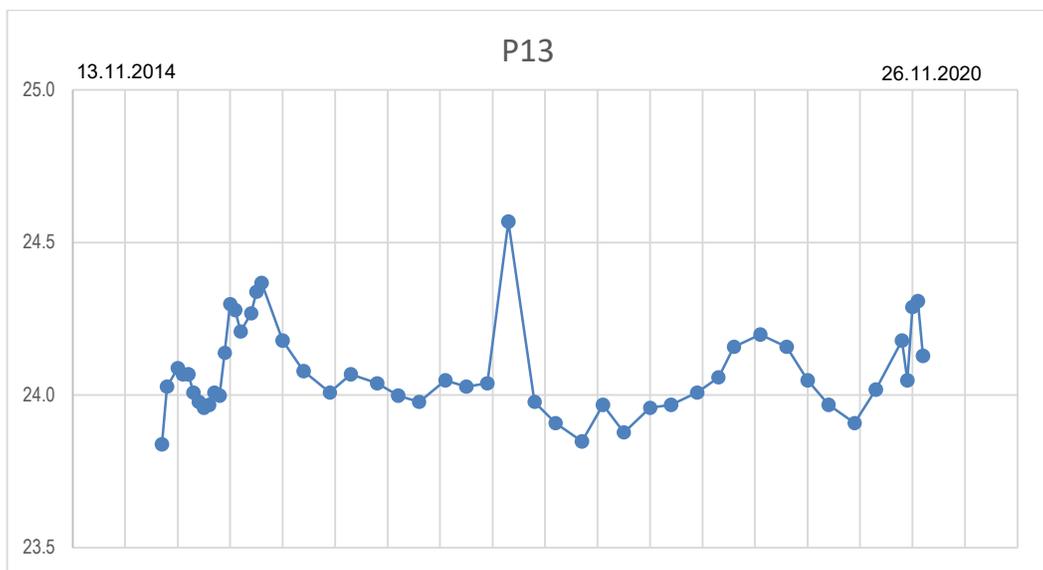
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto  
IN17

Lotto  
10

Codifica  
EI2RHGE0000003C

Foglio  
136 di 234



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 137 di 234

## 5 INTERFERENZE TRA OPERA E ACQUE SOTTERRANEE

Nel capitolo in oggetto saranno esaminate le interferenze tra l'opera e le acque sotterranee, in un intorno significativo rispetto al nuovo tracciato ferroviario.

Come già illustrato nel capitolo relativo ai caratteri idrogeologici di dettaglio, il tracciato ferroviario si sviluppa nella sua parte iniziale, tra Verona e Zevio, entro il bacino idrogeologico dell'alta pianura veronese (VRA), nella sua parte centrale, compresa tra Zevio e S. Bonifacio, entro il bacino idrogeologico di media pianura (MPVR) e infine nel tratto finale, compreso tra S. Bonifacio e Montebello Vicentino, entro il bacino idrogeologico Alpone-Chiampo-Agno (ACA).

La zona di alta e media pianura è litologicamente caratterizzata da sedimenti grossolani e un incremento della componente sabbiosa da VRA a MPVR, mentre nel bacino idrogeologico ACA si ha una sostanziale predominanza di terreni limoso-argillosi a cui si alternano sedimenti a granulometria grossolana costituiti da ghiaie sabbioso-limose.

Nelle unità a prevalente componente ghiaioso-sabbiosa la permeabilità media è elevata; l'acquifero contiene una potente falda il cui livello piezometrico, lungo il tracciato ferroviario, si rinviene a profondità variabile tra circa 6-10 m sino ad essere sub-affiorante in corrispondenza del limite superiore della fascia delle risorgive, nelle piane dei terrazzi più recenti e persino nel tratto terminale posto tra S. Bonifacio e Montebello Vicentino.

Nel dettaglio l'analisi si è concentrata sui seguenti aspetti:

- l'interferenza con le opere di captazione presenti nell'intorno del tracciato, con particolare riferimento ai pozzi a uso acquedottistico;
- gli impatti reciproci indotti tra opera e acque di falda.

Riguardo questi ultimi, l'estrema vicinanza della falda al piano campagna impone principalmente di valutare gli effetti indotti dalla realizzazione della galleria artificiale di S. Martino Buon Albergo e quelli sulle sorgenti di terrazzo ubicate in vicinanza del tracciato.

Relativamente ai pozzi, si evidenzia qui come la problematica segnalata sia stata compiutamente affrontata durante l'iter di compatibilità ambientale propedeutico all'approvazione del Progetto Definitivo.

In particolare in risposta alle osservazioni e richiesta di integrazione avanzate dalla Commissione Tecnica di Valutazione di Impatto nell'ambito della Procedura di VIA Speciale artt. 166 e 167, c. 5, e art. 183 del D.Lgs. 163/2006 e s.m.i. (IDVIP 3271) e Verifica di Ottemperanza, ex artt. 166, comma 3, e 185, cc. 4 e 5 D.Lgs. 163/2006 e s.m.i. (IDVIP 3275) in riferimento al Progetto Definitivo del 1 Lotto Funzionale Verona – Bivio Vicenza, è stato fornito puntuale riscontro alle richieste di integrazioni del Ministero dell'Ambiente trasmesse con nota prot. 0001350 del 14.04.2016, all'interno della quale è richiamata - come parte integrante - anche la richiesta della Commissione Tecnica Regionale di Valutazione di Impatto (nota prot. 1054901 del 16.03.2016) che aveva chiesto chiarimenti sull'eventuale interferenza con i pozzi esistenti.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 138 di 234

Si richiama a tal proposito la controdeduzione contenuta nel documento di Progetto Definitivo (cod. elab. IN0D01DI2RGMD0000004A contenuto nella documentazione a corredo degli elaborati di Progetto Definitivo allegati all'A.I.) trasmesso al Ministero dell'Ambiente (oggi MiTE) dal Consorzio Iricav Due con nota prot. 204/2016 del 12.05.2016, in cui sono stati analizzati i casi in cui la linea di progetto interferisce con la fascia di rispetto di 200m dei pozzi di captazione di acque potabili, di cui si riporta nel seguito uno stralcio:

*Nella relazione idrogeologica del Progetto Definitivo (IN0D00DI2RHGE0002001B) sono stati censiti tutti i pozzi privati e pubblici ricadenti nelle aree contermini all'asse ferroviario indicando la zona di rispetto di raggio 200 m; le ubicazioni sono riportate nelle carte idrogeologiche (elaborati IN0D00DI2G5GE0002001 – 11); dal censimento emerge che tutti i pozzi pubblici sono ad una distanza dalla ferrovia sempre maggiore della zona di rispetto tranne in 2 casi:*

- *Il primo con il pozzo1 ID 6004064 nel Comune di Verona che pur essendo a distanze minori di 200 m dalla ferrovia non interferisce con la falda profonda produttiva. Infatti, come visibile da Tabella 15 della citata Relazione Idrogeologica, la profondità del pozzo è di 148 m e quella dei filtri si attesta tra 65-82 m e 97-112 m da p.c.; poiché a -10/-15 m da p.c. è presente uno strato di argilla (vedi sondaggio SP1, elaborato IN0D00DI2ZZGE0000101A) che separa la falda profonda produttiva da quella superficiale e considerando che in quel tratto la ferrovia corre in modesto rilevato ovvero in modesta trincea con altezza massima di 1 m, non si avranno variazioni del regime idraulico del pozzo;*
- *Il secondo con il pozzo 4 ID 6013004 in Comune di S. Bonifacio anch'esso ubicato a distanze minori di 200 m dalla ferrovia non interferisce con la falda profonda produttiva. Infatti, come visibile dalla tabella 19 della citata Relazione Idrogeologica, la profondità del pozzo è di 126.5 m e quella dei filtri si attesta tra 101 e 126 m da p.c.; poiché tra -31 e – 41 m da p.c. è presente uno strato di argilla limosa (vedi sondaggio BH24V, elaborato IN0D00DI2ZZGE0000102A) che separa la falda profonda produttiva da quella superficiale, non si avranno variazioni del regime idraulica del pozzo.*

*Per quanto attiene ai pozzi privati, quelli interferiti dalle opere ferroviarie sono 14, di cui 4 oggetto di esproprio e quindi demoliti; dei restanti 10 pozzi 9 sono in corrispondenza di tratti in cui la ferrovia corre a raso o in modesto rilevato, quindi senza variazione del regime idraulico sotterraneo; l'ultimo pozzo è in corrispondenza della Galleria Artificiale di San Martino Buon Albergo, a Nord di questa e a monte del flusso idraulico di falda. Il modello idrogeologico eseguito evidenzia che il sopra-gradiente idraulico generato dalla presenza dei diaframmi della galleria artificiale sarà di alcune decine di centimetri, senza quindi influenzare le prestazioni idrauliche del pozzo.*

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 139 di 234

*Si sottolinea inoltre che tutti i pozzi, tranne il n° 5, si trovano a Nord della ferrovia e a monte del flusso idraulico sotterraneo e pertanto non verranno variate le loro caratteristiche idrauliche. Comunque, anche il pozzo 5, essendo ubicato al di fuori del raggio d'influenza, non presenta criticità idrauliche.*

*Qui di seguito tabella esplicativa di tutti i pozzi prossimi alla ferrovia.*

Pozzo n°	Pk	Note
1	0+000	Ubicato a monte della ferrovia e del flusso idraulico di falda. Il tracciato ferroviario è a alla quota del piano di campagna.
2	0+430	Ubicato a monte della ferrovia e del flusso idraulico di falda. Il tracciato ferroviario corre in modesta trincea
3	0+430	Ubicato a monte della ferrovia e del flusso idraulico di falda. Il tracciato ferroviario corre in modesta trincea
4	1+000	Ubicato a monte della ferrovia e del flusso idraulico di falda. Il tracciato ferroviario corre in modesto rilevato.
5	2+200	Ubicato a valle della ferrovia e del flusso idraulico di falda. Il tracciato ferroviario corre in modesto rilevato.
6	2+300	Espropriato
7	3+070	Ubicato a monte della ferrovia e del flusso idraulico di falda. Il tracciato ferroviario corre in modesta trincea
8	3+070	Ubicato a monte della ferrovia e del flusso idraulico di falda. Il tracciato ferroviario corre in modesta trincea
9	4+100	Espropriato
10	5+280	In corrispondenza della GA S.Martino Buon Albergo
11	5+300	Espropriato
12	14+850	Ubicato a monte della ferrovia e del flusso idraulico di falda. Il tracciato ferroviario corre in modesto rilevato.
13	14+850	Ubicato a monte della ferrovia e del flusso idraulico di falda. Il tracciato ferroviario corre in modesto rilevato.
14	24+800	Espropriato

*Per quanto sopra esposto si ritiene che non si verificheranno variazioni del regime idraulico dei pozzi privati lungo il tracciato ferroviario o nelle immediate vicinanze (raggio d'influenza 200 m).*

La documentazione progettuale sopra richiamata è stata trasmessa in risposta alle richieste di integrazioni e oggetto di una successiva pubblicazione che, per la tematica in esame, non ha comportato alcun chiarimento residuo né specifiche prescrizioni. Le valutazioni fatte in sede di Progetto Definitivo hanno infatti trovato riscontro nel parere della Commissione Via Regionale emesso con DGR n.1595 del 10/10/2016, quale parte integrante del parere di Compatibilità Ambientale n.2232 del 25/11/2016 confluito nella Delibera Cipe n. 84/2017

Stante quanto sopra esposto, si ritiene superata la problematica.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 140 di 234

## 5.1 OPERE DI CAPTAZIONE E SISTEMA ACQUEDOTTISTICO

Il tracciato dell'opera in oggetto si sviluppa entro due AATO (Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale) diverse:

1. AATO VERONESE
2. AATO VALLE DEL CHIAMPO

Durante il 2000, l'Osservatorio Regionale Acque (ORAC) ha creato un database denominato Gestori Acquedotti che ha permesso di raccogliere numerose informazioni relative alle opere di captazione sotterranea.

La banca dati così ottenuta ha permesso di constatare che la maggior parte dei punti di captazione è localizzata a nord della "fascia delle risorgive", dimostrando quanto sia importante, per l'intero territorio regionale, l'area di ricarica del sistema idrogeologico della Pianura Veneta, caratterizzata dall'acquifero ghiaioso-sabbioso indifferenziato.

Lungo tale fascia la falda freatica è in comunicazione con la superficie del suolo e pertanto molto vulnerabile.

Le opere che attingono dalle acque sotterranee (acque di falda o di sorgente) sono nettamente più importanti, per numero e portata, di quelle che attingono da acqua superficiale. Le sorgenti sono il 55% del numero totale delle prese e i pozzi il 43%, mentre le captazioni di acqua superficiale sommano il rimanente 2%.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 141 di 234</p>

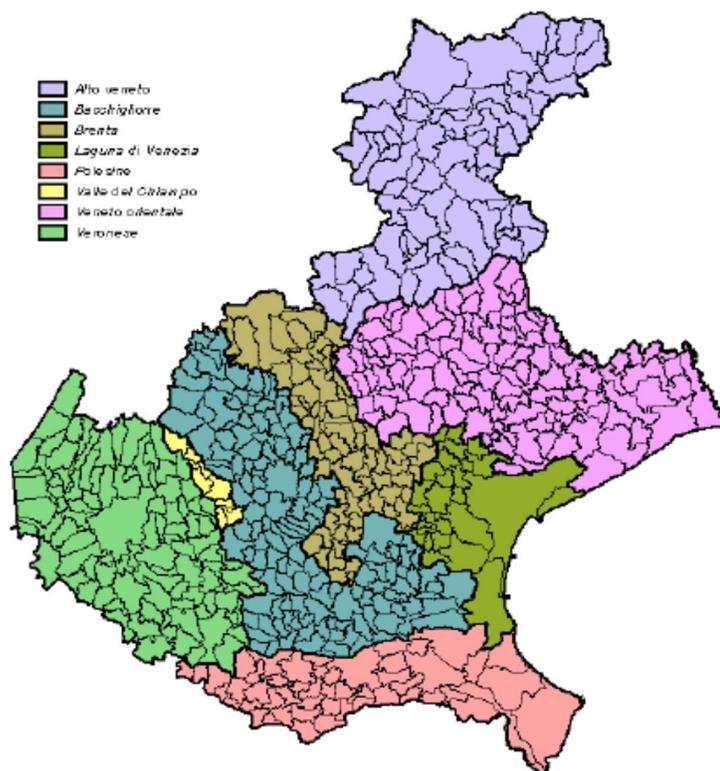


Figura 37 - Estensione delle AATO nel territorio regionale (da: ARPAV- Presentazione DATABASE Gestori Acquedotti – Piano regionale 2002 - 2014 Sicurezza Alimentare).

Nella relazione ARPAV sullo Stato dell'Ambiente 2010, dalla quale sono state tratte le seguenti Tabella 9 e Tabella 10, viene riportato un riepilogo della situazione relativa ai volumi immessi in rete e ai volumi fatturati alle utenze nell'Area Veronese, dai quali si deducono le percentuali di perdita in rete per ogni comune dell'area veronese.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 142 di 234

Tabella 9 - Dati 2009 relativi alla copertura del servizio acquedotto nell'Area Veronese (da: AATO VERONESE – Revisione del piano d'ambito 2011).

Comune	Residenti 2009	Popolazione residente in centri/nuclei	Popolazione servita	Popolazione servita (%)	Popolazione (%) servita centri/nuclei
Arcole	6.227	5.587	4.982	0.8	0.89
Belfiore	2.992	2.505	0	0	0
Buttapietra	6.863	6.204	5.886	0.858	0.95
Caldiero	7.393	6.748	7.171	0.97	1
Monteforte d'Alpone	8.485	8.186	8.086	0.953	0.99
S. Bonifacio	20.255	19.298	17.115	0.845	0.89
S.M. Buon Albergo	14.017	12.474	13.231	0.944	1
Soave	6.929	6.611	6.631	0.957	1
Verona	264.475	256.611	259.486	0.95	1
Zevio	14.332	12.367	11.723	0.818	0.95

Tabella 10 - Dati 2009 relativi alle perdite in rete nell'Area Veronese (da: AATO VERONESE – Revisione del piano d'ambito 2011).

Comune	Volume erogato (x 1.000 m <sup>3</sup> /anno)	Volume immesso (x 1000 m <sup>3</sup> /anno)	Perdite
Arcole	368	565	0.346
Belfiore	0	0	0
Buttapietra	506	672	0.247
Caldiero	369	434	0.15
Monteforte d'Alpone	644	943	0.317
San Bonifacio	1.382	2.003	0.31
San Martino Buon Albergo	1152	2302	0.5
Soave	658	852	0.227
Verona	30.927	44.752	0.309
Zevio	1.068	1.545	0.308

### 5.1.1 IL SISTEMA ACQUADOTTISTICO DI VERONA E COMUNI LIMITROFI

L'acquedotto di Verona si sviluppa principalmente con tratti di rete a maglia. Ha una lunghezza complessiva di circa 1140 Km, dispone di 43 serbatoi a terra distribuiti sul territorio comunale per un volume di compenso pari a circa 21105 m<sup>3</sup> e serve l'intera popolazione residente comunale, pari a circa 265.000 unità (fonte ISTAT 2009).

Nel 2009 è stato immesso in rete un quantitativo di acqua pari a circa 45 milioni di metri cubi, 31 dei quali sono stati erogati alle utenze. L'acqua viene prelevata da 100 pozzi, situati quasi tutti sul territorio comunale, e da una sorgente. La maggior parte del volume erogato è consumato dalle utenze domestiche e da quelle produttive, per una quota sul totale pari, rispettivamente, al 49% e al 41% circa.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 143 di 234

Lo stato di conservazione del sistema è buono, con un valore medio delle perdite in rete pari al 21%.

I comuni limitrofi alla città di Verona (Bussolengo, Pescantina, Sommacampagna, San Giovanni Lupatoto, San Martino Buon Albergo, Zevio) presentano acquedotti con pochi tratti di rete ad albero e molti a maglia e presentano numerose interconnessioni con la rete del capoluogo.

La percentuale media di popolazione servita è pari al 95%, con valori massimi che sfiorano il 100% per i comuni di San Giovanni Lupatoto e San Martino Buon Albergo e valore minimo pari all'82% per il Comune di Zevio. Le reti acquedottistiche si sviluppano per una lunghezza complessiva di 590 Km circa e dispongono, nell'intero comprensorio, di soli 11 serbatoi, quattro dei quali pensili, per un volume di compenso globale pari a 6500 m<sup>3</sup>.

Le fonti di approvvigionamento sono costituite esclusivamente da pozzi.

Nel 2009 il volume totale immesso in rete è stato di quasi 16,5 milioni di metri cubi d'acqua, mentre il volume erogato alle utenze ha raggiunto valori pari a circa 10 milioni di metri cubi. Le utenze della zona sono principalmente di tipo domestico, con alcuni Comuni (quali ad esempio San Giovanni Lupatoto e Pescantina) che presentano però una significativa componente produttiva.

La perdita media della rete della zona è pari a circa il 38%, e varia da un 21% per il comune di Sommacampagna a circa un 50% per i comuni di San Martino Buon Albergo e Pescantina.

Nel territorio pedemontano che interessa i sette comuni disposti lungo le valli del torrente Alpone e del torrente Tramigna (Cazzano di Tramigna, Montecchia di Crosara, Monteforte d'Alpone, Roncà, San Bonifacio, San Giovanni Ilarione e Soave) l'approvvigionamento idrico avviene sia da sorgenti (generalmente con portate modeste) naturali sia da pozzi.

Sul territorio sono inoltre distribuiti numerosi serbatoi di accumulo o di compensazione, caratterizzati, per la quasi totalità, da piccoli volumi; a tal proposito, si rileva che solamente 3 serbatoi (su un totale di 56) hanno un volume maggiore di 500 m<sup>3</sup>.

La rete nella sua totalità si sviluppa per circa 320 km; il valore delle perdite in rete raggiunge valori compresi tra il 21% (Soave) ed il 33% (Montecchia di Crosara).

Un quadro di sintesi delle reti e del numero di approvvigionamenti rilevate nei Comuni disposti lungo le valli del torrente Alpone e del torrente Tramigna è offerto dalle seguenti

Tabella 11 e Tabella 12.

Tabella 11 - Consistenza delle infrastrutture nei comuni della Val d'Alpone e Tramigna.

Comune	n. sorgenti	n. pozzi/campo pozzi	n. serbatoi	Lunghezza rete (km)
Montecchia di Crosara	4	6	12	32.41
Monteforte D'Alpone	0	1	3	42.16
San Bonifacio	0	1	1	78.87
Soave	2	4	5	56.5

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 144 di 234

Tabella 12 - Dotazioni idriche suddivise per Comune.

Comune	Popolazione	Popolazione	Volumi erogati	Dotazione idrica
	residente 2009	servita	(migliaia di m <sup>3</sup> /anno)	(l/ab/g)
Arcole	6227	4982	368	202
Belfiore	2992	0	0	0
Buttapietra	6863	5886	506	235
Caldiero	7393	7171	369	141
Monteforte d'Alpone	8485	8086	644	218
San Bonifacio	20.255	17.115	1382	210
San Martino Buon Albergo	14.017	13.231	1152	238
Soave	6929	6631	658	272
Verona	264.475	259.486	30927	326
Zevio	14.332	11.723	1068	249

### 5.1.2 OPERE DI CAPTAZIONE LUNGO IL TRACCIATO

Per un'analisi delle opere di captazione esistenti nei pressi del tracciato dell'opera in progetto sono stati utilizzati i dati dell'Autorità di Bacino dell'Adige che si sono avvalsi delle seguenti fonti di censimento:

#### **Autorità di Bacino**

Studio Isotopico

Catasto pozzi AdB

Catasto Grotte Sorgenti

Sorgenti ptp

#### **CNR**

Catasto pozzi

#### **Provincia di Verona**

ARPAV 600 sorgenti

AATO Veronese 141 sorgenti; 102 pozzi

Provincia Verona 86 sorgenti; 34 pozzi

Progetto Sampas (Arpav Verona) □ sorgenti Badia Calavena

Acque Veronesi 132 pozzi

Museo Civico di Storia Naturale di Verona □ 53 sorgenti

Regione Veneto 814 sorgenti

Progetto INAC

Federazione Speleologica Veneta

Genio Civile Verona

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 145 di 234</p>

**Provincia di Vicenza**

Genio Civile Vicenza

Studio Marchetto (integrazione dati Genio Civile)

Acque del Chiampo

ATO Valle del Chiampo □ 95 pozzi e sorgenti

Progetto Giada (Provincia Vi) □ 1818

Studio AUA n 153 punti

Medio Chiampo n 9 pozzi

Lo studio ha fornito un elenco di dati georeferenziati. Per la Provincia di Verona sono stati considerati i dati relativi ai Comuni di Caldiero, Lavagno, S. Bonifacio, S. Martino Buon Albergo, Soave, Verona e Zevio, mentre per la Provincia di Vicenza i Comuni di Gambellara, Montebello Vicentino, Sarego e Lonigo. Per un'analisi significativa delle interferenze fra le opere di captazione a uso acquedottistico e il tracciato ferroviario, in Provincia di Verona si è stato scelto di utilizzare le banche dati del genio Civile e dell'AATO Veronese (Figura 38) in quanto provviste di maggiori informazioni.

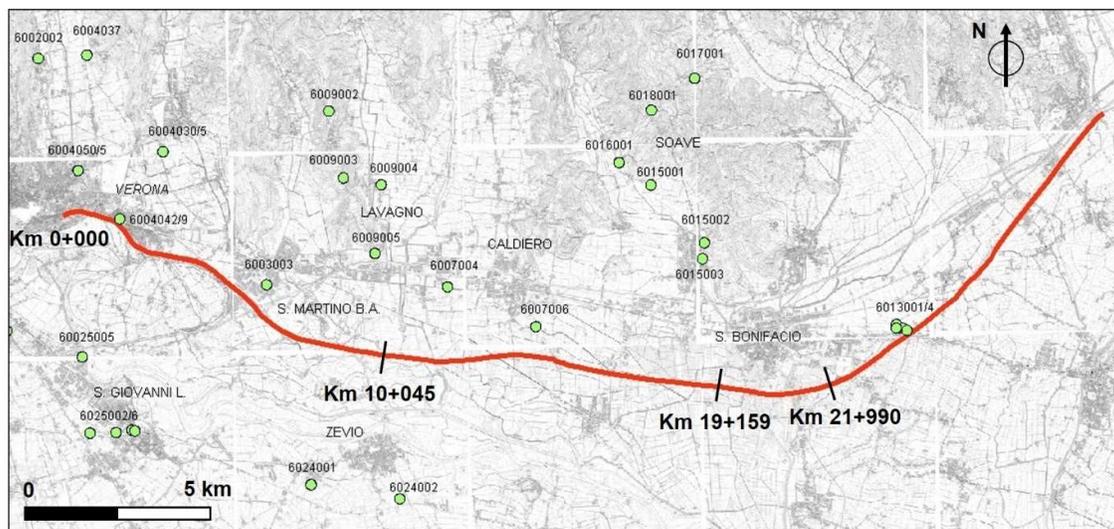


Figura 38 - Pozzi acquedottistici AATO VERONESE nei pressi del tracciato.

L'ubicazione dei pozzi, suddivisi tra privati e acquedottistici, posti in un intorno significativo del tracciato ferroviario è stata riportata anche sulle Carte Idrogeologiche (Tavole IN1710EI2P5GE0000023C-IN1710EI2P5GE0000033C).

Nella medesima cartografia sono riportati ulteriori pozzi con stratigrafia e loro numero identificativo, reperiti presso il CNR - Catasto Pozzi - Istituto per lo studio della dinamica delle grandi masse.

Per i pozzi acquedottistici è stata indicata anche la ZR (Zona di Rispetto) tracciata con criterio geometrico (raggio 200 m dal pozzo) così come previsto dal D. Lgs. 152/06.

Per quanto attiene la Provincia di Verona, l'ubicazione dei pozzi acquedottistici più significativi per la loro vicinanza al tracciato è inoltre riportata nelle figure da Figura 39 a Figura 42, mentre le loro caratteristiche tecnico costruttive sono riportate nelle tabelle da Tabella 13 a Tabella 19.

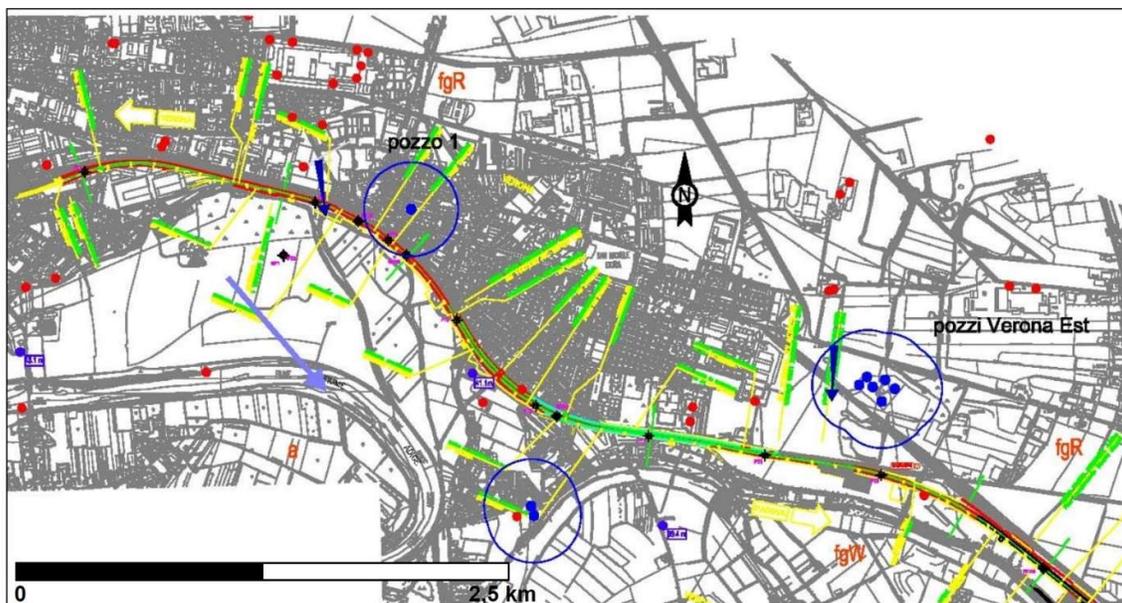


Figura 39 - Ubicazione dei pozzi pubblici Verona Est.

Tabella 13 - Pozzi pubblici in comune di Verona Est (VR).

ID	OPERA DI PRESA	LOCALITA'	COMUNE (opera di presa)	Q media annua di concessione l/s	PROF POZZO (metri)	PROF FILTRI (metri)
6004064	Verona est pozzo 1	Via U. d'Italia	Verona	33	148	65-82, 97-112
6004065	Verona est pozzo 2	Via U. d'Italia	Verona	33	91	43-86
6004066	Verona est pozzo 3	Via U. d'Italia	Verona	33	122	51-57, 67-85, 100-112
6004067	Verona est pozzo 4	Via U. d'Italia	Verona	33	123	51-57, 63-69, 73-88, 103-115
6004068	Verona est pozzo 5	Via U. d'Italia	Verona	33	116	51-59, 70-83, 100-113
6004069	Verona est pozzo 6	Via U. d'Italia	Verona	33	115	50-57, 71-83, 99-112

Tabella 14 - Pozzi pubblici in comune di S. Martino Buon Albergo (VR).

ID	OPERA DI PRESA	LOCALITA'	COMUNE (opera di presa)	Q media annua di concessione l/s	LIV STAT (metri)	QUOTA PR (metri)	PROF POZZO (metri)	PROF FILTRI (metri)
6003001	pozzo 1	VIALE LAVORO	San Martino Buon Albergo	21	7.7	47	100	45-90
6003002	pozzo 2	VIALE LAVORO	San Martino Buon Albergo	21	8	47	51.1	20-45
6003003	pozzo 3	VIALE LAVORO	San Martino Buon Albergo	21	8.7	47	58.5	45

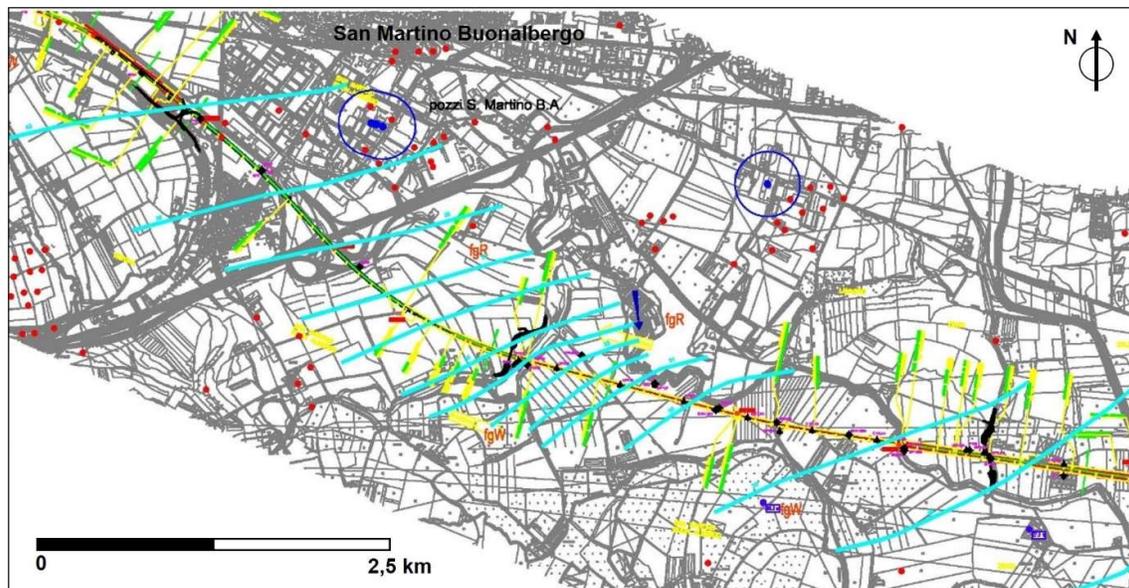


Figura 40 - Ubicazione dei pozzi pubblici in Comune di S. Martino Buon Albergo.

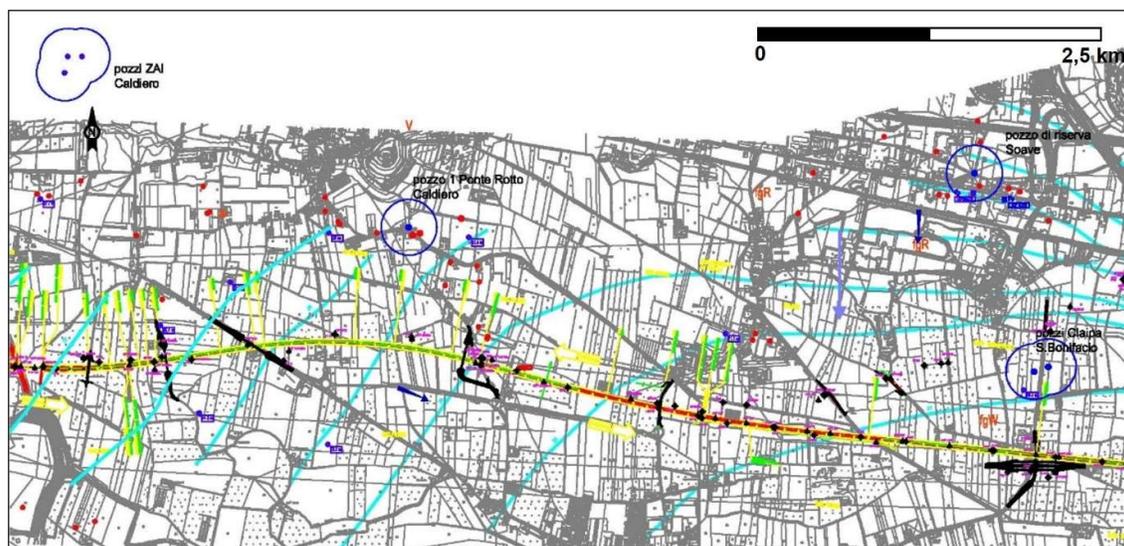


Figura 41 - Pozzi pubblici di Caldero e Soave.

Tabella 15 - Pozzi pubblici in comune di Caldero (VR).

ID	OPERA DI PRESA	LOCALITA'	COMUNE (opera di presa)	Q media annua di concessione l/s	LIV STAT (metri)	QUOTA PR (metri)	PROF POZZO (metri)	PROF FILTRI (metri)
6007001	Pozzo ZAI 1	via Artigianato	Caldero	15	10	-0.6	80	58-80
6007002	Pozzo ZAI 2	via Artigianato	Caldero	15	10	-0.6	80	58-80
6007003	Pozzo ZAI 3	via Artigianato	Caldero	20	15	-1	198	178-198
6007004	Pozzo ZAI 4	via Artigianato	Caldero	2	15	-1	198	178-198
6007005	Ponterotto Pozzo 1	via Ponterotto	Caldero	7	3	-0.6	48	24-48
6007006	Ponterotto Pozzo 3	via Ponterotto	Caldero	7	3	-0.6	?	?

Tabella 16 - Pozzi pubblici in comune di Soave (VR).

ID	OPERA DI PRESA	LOCALITA'	COMUNE (opera di presa)	Q media annua di concessione l/s	LIV STAT (metri)	QUOTA PR (metri)	PROF POZZO (metri)	PROF FILTRI (metri)
6015001	Carcera	via Carcera	Soave	30	-2	41	no	no
6015002	Castello	via Castello	Soave	10	-60	89	240	240-100
6015003	Covergnino	via Covergnino	Soave	35	-4	30	180	180-60
6016001	Costeggiola	via Pigna	Soave	30	-17	60	71	24-71
6017001	Meggiano	loc. Meggiano	Soave	1.5	-5	158	75	28 - 72
6018001	Collinare	via Recoaretto	Soave	5		181	3	?

Tabella 17 - Pozzi pubblici in comune di S. Bonifacio (VR).

ID	OPERA DI PRESA	LOCALITA'	COMUNE (opera di presa)	Q media annua di concessione l/s	LIV STAT (metri)	QUOTA PR (metri)	PROF POZZO (metri)	PROF FILTRI (metri)
6013001	pozzo 1bis	loc Mantovane	San Bonifacio	7.5	1.2	28.4	140	115-140
6013002	pozzo 2	loc Mantovane	San Bonifacio	7.5	1.2	28.4	140	116-140
6013003	pozzo 3	loc Mantovane	San Bonifacio	7.5	1.2	28.4	141	120-141
6013004	pozzo 4	loc Mantovane	San Bonifacio	7.5	1.2	28.4	126.5	101-126

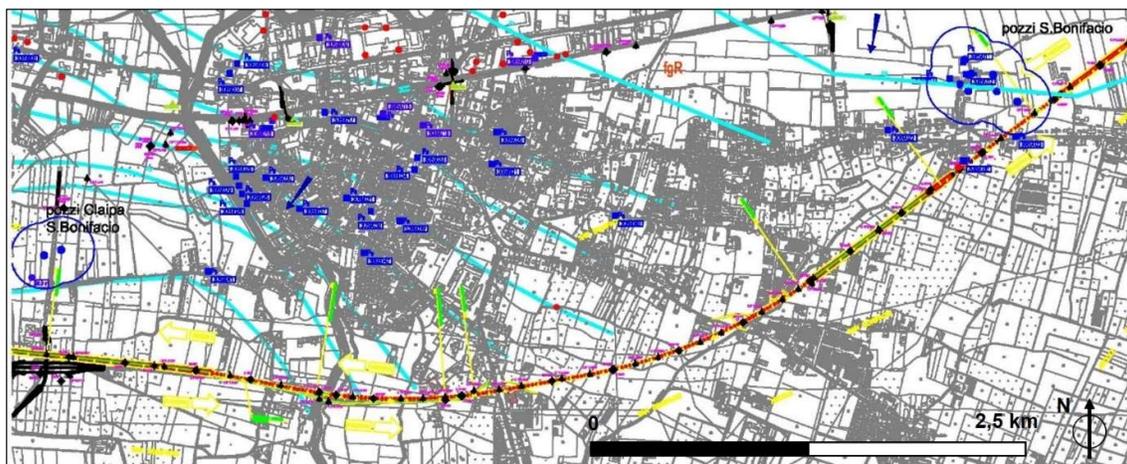


Figura 42 - Pozzi pubblici in Comune di S. Bonifacio.

Tabella 18 - Pozzi pubblici in comune di Zevio (VR).

ID	OPERA DI PRESA	LOCALITA'	COMUNE (opera di presa)	Q media annua di concessione l/s	LIV STAT (metri)	QUOTA PR (metri)	PROF POZZO (metri)	PROF FILTRI (metri)
6024001	pozzo 1	pozzo 1 Via Della Pace	Zevio	25	4.5	30,6pc	103	?
6024002	pozzo 2	pozzo 2 Via Della Pace	Zevio	25	4.3	30,6 pc	104	?
6024003	pozzo 3	Loc. Campagnola	Zevio	20	0.1	38,25 pc	130	96/122

Tabella 19 - Pozzi pubblici in comune di Lavagno (VR).

D	OPERA DI PRESA	LOCALITA'	COMUNE (opera di presa)	Q media annua di concessione l/s	LIV STAT (metri)	QUOTA PR (metri)	PROF POZZO (metri)	PROF FILTRI (metri)
6009002	Pozzo Passere	via Passere	Lavagno	9		180	270	?
6009005	Pozzo Monticelli	via San Rocco	Lavagno			60	120	?
6009003	Pozzo Gioiello	via Gioiello	Lavagno	3		160	300	?
6009004	Pozzo Palazzina	via Quarto	Lavagno	35		70	80	?

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 150 di 234

## 5.2 L'IMPATTO DELLA GALLERIA ARTIFICIALE DI S. MARTINO BUON ALBERGO

Nella presente sezione sono dettagliate le caratteristiche idrogeologiche del settore che sarà interessato dalla galleria artificiale di S. Martino Buon Albergo (di seguito opera), in progetto tra i km 4+941 e 6+541 della linea AV/AC Verona-Vicenza, con la finalità di fornire, sulla base dei dati attualmente disponibili, una valutazione quali-quantitativa degli effetti indotti dall'opera sulla falda.

A tale riguardo è stata consultata la documentazione fornita dalla Committenza, riassuntiva delle indagini sinora eseguite nel tratto in esame e delle indicazioni progettuali, oltre che il materiale attualmente reperito presso varie amministrazioni pubbliche, aziende ed enti operanti nel territorio.

Di seguito saranno brevemente sintetizzate, per il tratto interessato dall'opera:

- l'elenco delle indagini geognostiche sinora effettuate;
- le principali caratteristiche morfologiche;
- la geologia di superficie e la litologia del sottosuolo sino alla massima profondità investigata dalle indagini di campo;
- le caratteristiche della falda idrica in termini di direzione e soggiacenza;
- l'entità delle oscillazioni della falda in vicinanza del settore in oggetto;
- i parametri idrogeologici dell'acquifero interessato dall'opera;

Per una valutazione quantitativa degli impatti indotti dall'opera è stato inoltre implementato un modello numerico di flusso delle acque sotterranee, finalizzato alla valutazione delle potenziali interferenze tra opera e falda che potrebbero determinare effetti negativi sulle infrastrutture sotterranee circostanti o sulla medesima opera, che possono essere ricondotte:

- all'innalzamento del livello freatico indotto dalle diaframature sul lato sopragradiente dell'opera e dal contestuale abbassamento in quello sottogradiente;
- alla modifica nella direzione del flusso idrico sotterraneo;

Tale stima è inoltre necessaria per la progettazione delle opere di impermeabilizzazione con jet-grouting da realizzare alla base dei diaframmi e delle eventuali opere di mitigazione degli effetti, che dovranno essere indirizzate verso condizioni sostenibili di trasparenza idraulica dell'opera.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 151 di 234

### 5.2.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE REALIZZATE NELLA TRATTA INTERESSATA DALL'OPERA

Le indagini effettuate nella tratta in oggetto o nelle sue immediate vicinanze sono riconducibili a:

- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo, attrezzati con piezometro a tubo aperto, perforati nel 2002 nell'ambito del progetto preliminare e nel 2014 nell'ambito del progetto definitivo;
- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, perforati nel 2002 (progetto preliminare);
- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo, attrezzato con tubo cieco in PVC per prove Cross Hole, perforato nel 2014 (progetto definitivo);
- n. 1 sondaggio a distruzione di nucleo, attrezzato con piezometro a tubo aperto, perforato nel 2014 (progetto definitivo).

Nel mese di aprile 2016 sono state realizzate, in ottemperanza alle richieste degli Enti di Controllo, ulteriori indagini consistenti in:

- n. 6 sondaggi a carotaggio continuo, attrezzati con piezometro a tubo aperto a distanze variabili tra circa 400 e 700 m dall'asse ferroviario in progetto nel territorio comunale di San Martino Buon Albergo;
- n. 2 campi prova in corrispondenza del tracciato in progetto per la realizzazione di test di pompaggio finalizzati alla determinazione dei parametri idrogeologici dell'acquifero, ciascuno dei quali costituito da un pozzo pilota e da due piezometri di controllo.

Nell'ambito del Progetto Esecutivo, tra ottobre e dicembre 2020 sono stati realizzate le seguenti indagini con particolare interesse per i fini del presente studio:

- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo, con prove di permeabilità Lefranc;
- n. 1 campo prova in corrispondenza del tracciato di progetto per la realizzazione di test di pompaggio finalizzati alla determinazione dei parametri idrogeologici dell'acquifero, costituito da un pozzo pilota e da due piezometri di controllo.

Le principali caratteristiche costruttive dei succitati sondaggi, nonché le misure e le indagini in sito eseguite in loro corrispondenza, già riportate in un precedente capitolo, per comodità di lettura sono di seguito nuovamente descritte.

#### **Sondaggio a carotaggio continuo attrezzati con tubo cieco per prove Cross Hole**

identificativo: **SP6**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 5+630

quota bocca foro: 46.13 m s.l.m.

quota piano campagna: 45.81 m s.l.m.

profondità: 40 m

tubo pvc ø 3" per Cross Hole fino a 35 m da p.c.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 152 di 234

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 4.5 m da p.c. (dato acquisito in fase di perforazione il 28.10.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 41.63 m s.l.m.

### Sondaggi a carotaggio continuo

identificativo: **SA203R003**

anno di perforazione: 2002

ubicazione approssimativa: km 4+030

quota bocca foro: 51.5 m s.l.m.

profondità: 30 m

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 6.8 m da p.c. (dato acquisito in fase di perforazione il 06.03.2002)

massima quota piezometrica rilevata: 44.7 m s.l.m.

identificativo: **SA203B006**

anno di perforazione: 2002

ubicazione approssimativa: km 6+830

quota piano campagna: 44.6 m s.l.m.

profondità: 40 m

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 8.4 m da pc (dato acquisito in fase di perforazione il 23.05.2002)

massima quota piezometrica rilevata: 36.2 m s.l.m.

prova Lefranc: eseguita tra 23.0 e 24.0 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia medio fine debolmente limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $2.76 \cdot 10^{-5}$  m/s

### Sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con piezometro a tubo aperto

identificativo: **XA203B004**

anno di perforazione: 2002

ubicazione approssimativa: km 5+175

quota bocca foro: 40.5 m s.l.m.

profondità: 30 m

tratto filtrante: tra 3 e 30 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.55 m da bf (non riportata - probabile 2002)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 153 di 234

massima quota piezometrica rilevata: 39.95 m s.l.m.  
prova Lefranc: eseguita tra 13.75 e 14.55 m da pc  
litologia del tratto di prova: sabbia medio fine limosa  
coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.03 \cdot 10^{-5}$  m/s

identificativo: **XA203B005**

anno di perforazione: 2002

ubicazione approssimativa: km 6+300

quota bocca foro: 45.4 m s.l.m.

profondità: 40 m

tratto filtrante: tra 3 e 40 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 7.80 m da bf (non riportata - probabile 2002)

massima quota piezometrica rilevata: 37.6 m s.l.m.

prova Lefranc: eseguita tra 19.50 e 20.00 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia limosa ghiaiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.13 \cdot 10^{-5}$  m/s

identificativo: **SPA5**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 5+150

quota piano campagna: 47.12 m s.l.m.

profondità: 30 m

tratto filtrante: tra 3 e 30 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 7.24 m da bf (17.12.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 39.88 m s.l.m.

prova Lefranc n.1: eseguita tra 10.5 e 11.0 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $4.26 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc n.2: eseguita tra 18.0 e 18.7 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $2.81 \cdot 10^{-5}$  m/s

identificativo: **SPA8**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 6+470

quota piano campagna: 43.87 m s.l.m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 154 di 234

profondità: 30 m

tratto filtrante: tra 3 e 20 m da b.f.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 6.5 m da pc (dato acquisito in fase di perforazione il 26.11.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 37.37 m s.l.m.

prova Lefranc n.1: eseguita tra 7.5 e 8.0 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.15 \cdot 10^{-4}$  m/s

prova Lefranc n.2: eseguita tra 13.5 e 14.0 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia ghiaiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $6.73 \cdot 10^{-5}$  m/s

#### **Sondaggi a distruzione di nucleo attrezzati con piezometro a tubo aperto**

identificativo: **SDC7**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 5+625

quota piano campagna: 45.83 m s.l.m.

quota bocca foro: 46.08 m s.l.m.

profondità: 20 m

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 6.66 m da pc (17.12.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 39.17 m s.l.m.

prova Lefranc n.1: eseguita tra 8.0 e 8.5 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $7.64 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc n.2: eseguita tra 10.0 e 10.5 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $8.26 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc n.3: eseguita tra 12.0 e 12.5 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia debolmente limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $5.36 \cdot 10^{-6}$  m/s

prova Lefranc n.4: eseguita tra 15.0 e 15.5 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia debolmente limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.02 \cdot 10^{-5}$  m/s

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 155 di 234

## 5.2.2 INDAGINI INTEGRATIVE APRILE 2006

### Sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con piezometro a tubo aperto

identificativo: **SPA8bis** (rifacimento di SPA8 per suo intasamento)

anno di perforazione: 2016

ubicazione approssimativa: km 6+470

quota bocca foro: 43.226 m s.l.m.

quota piano campagna: 43.33

profondità: 27 m

tratto filtrante: tra 6 e 24 m da b.f.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 6.44 m da bf (26.04.2016)

massima quota piezometrica rilevata: 36.89 m s.l.m.

identificativo: **PZ1** (piezometro di controllo del pozzo pilota P1)

anno di perforazione: 2016

ubicazione approssimativa: km 5+150

quota bocca foro: 46.685 m s.l.m.

quota piano campagna: 46.664

profondità: 30 m

tratto filtrante: tra 6 e 30 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 7.30 m da pc (26.04.2016)

massima quota piezometrica rilevata: 39.36 m s.l.m.

identificativo: **PZ2** (piezometro di controllo del pozzo pilota P2)

anno di perforazione: 2016

ubicazione approssimativa: km 6+470

quota bocca foro: 43.179 m s.l.m.

quota piano campagna: 43.288 m s.l.m.

profondità: 27 m

tratto filtrante: tra 6 e 25 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 6.30 m da bf (26.04.2016)

massima quota piezometrica rilevata: 36.88 m s.l.m.

identificativo: **PZ3**

anno di perforazione: 2016

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 640 m Nord all'altezza del km 5+210

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 156 di 234

quota bocca foro: 46.339 m s.l.m.  
quota piano campagna: 46.468 m s.l.m.  
profondità: 34 m  
tratto filtrante: tra 6 e 31 m da bf  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 7.03 m da pc (26.04.2016)  
massima quota piezometrica rilevata: 39.44 m s.l.m.

identificativo: **PZ4**

anno di perforazione: 2016  
ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 670 m Nord all'altezza del km 5+755  
quota bocca foro: 46.446 m s.l.m.  
quota piano campagna: 46.356 m s.l.m.  
profondità: 32 m  
tratto filtrante: tra 3 e 30 m da bf  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 7.28 m da pc (26.04.2016)  
massima quota piezometrica rilevata: 39.08 m s.l.m.

identificativo: **PZ5**

anno di perforazione: 2016  
ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 460 m Nord all'altezza del km 6+960  
quota bocca foro: 44.652 m s.l.m.  
quota piano campagna: 44.534 m s.l.m.  
profondità: 30.6 m  
tratto filtrante: tra 3 e 30 m da bf  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 7.63 m da pc (26.04.2016)  
massima quota piezometrica rilevata: 36.90 m s.l.m.

identificativo: **PZ6**

anno di perforazione: 2016  
ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 450 m Sud all'altezza del km 5+230  
quota bocca foro: 39.499 m s.l.m.  
quota piano campagna: 39.536 m s.l.m.  
profondità: 31.5 m  
tratto filtrante: tra 6 e 30 m da bf  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 1.14 m da pc (26.04.2016)  
massima quota piezometrica rilevata: 38.22 m s.l.m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 157 di 234

identificativo: **PZ7**

anno di perforazione: 2016

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 635 m Sud all'altezza del km 6+200

quota bocca foro: 45.906 m s.l.m.

quota piano campagna: 45.99 m s.l.m.

profondità: 30 m

tratto filtrante: tra 6 e 30 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 9.08 m da pc (26.04.2016)

massima quota piezometrica rilevata: 36.91 m s.l.m.

identificativo: **PZ8**

anno di perforazione: 2016

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 420 m Sud all'altezza del km 6+700

quota bocca foro: 43.537 m s.l.m.

quota piano campagna: 43.668 m s.l.m.

profondità: 25.5 m

tratto filtrante: tra 6 e 24 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 8.63 m da pc (26.04.2016)

massima quota piezometrica rilevata: 35.04 m s.l.m.

### **Pozzi pilota**

identificativo: **P1**

anno di perforazione: 2016

ubicazione approssimativa: km 5+150

quota bocca foro: 47.076 m s.l.m.

quota piano campagna: 46.66 m s.l.m.

profondità: 30 m

tratto filtrante: tra 6 e 28 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 8.38 m da pc (26.04.2016)

massima quota piezometrica rilevata: 38.28 m s.l.m.

identificativo: **P2**

anno di perforazione: 2016

ubicazione approssimativa: km 6+470

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 158 di 234

quota bocca foro: 44.211 m s.l.m.  
quota piano campagna: 43.236 m s.l.m.  
profondità: 30 m  
tratto filtrante: tra 5 e 25 m da bf  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 7.35 m da bf (26.04.2016)  
massima quota piezometrica rilevata: 36.86 m s.l.m.

### 5.2.3 INDAGINI INTEGRATIVE REALIZZATE PER IL PROGETTO ESECUTIVO (OTTOBRE-DICEMBRE 2020)

#### Sondaggi a carotaggio continuo

identificativo: **BH-PE-10**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 5+328

quota piano campagna: 48.25 m s.l.m.

profondità: 40 m

tubo pvc  $\varnothing$  3" per Cross Hole fino a 20 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): n.d

massima quota piezometrica rilevata: n.d.

prova Lefranc 1: eseguita tra 5.50 e 6.00 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia addensata

coefficiente di permeabilità calcolato:  $2.34 \cdot 10^{-4}$  m/s

prova Lefranc 2: eseguita tra 9.50 e 10.00 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia e sabbia

coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.81 \cdot 10^{-4}$  m/s

prova Lefranc 3: eseguita tra 13.50 e 14.00 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia e limo

coefficiente di permeabilità calcolato:  $9.44 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc 4: eseguita tra 16.50 e 17.00 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia fine

coefficiente di permeabilità calcolato:  $2.95 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc 5: eseguita tra 19.50 e 20.00 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia fine

coefficiente di permeabilità calcolato:  $3.10 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc 6: eseguita tra 33.00 e 33.50 m da pc

litologia del tratto di prova: argilla limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $7.65 \cdot 10^{-6}$  m/s

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 159 di 234

identificativo: **BH-PE-11**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 5+637

quota piano campagna: 46.00 m s.l.m.

profondità: 50 m

tubo pvc ø 3" per Cross Hole fino a 20 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): n.d

massima quota piezometrica rilevata: n.d.

prova Lefranc 1: eseguita tra 12.00 e 12.50 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia sabbiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $4.81 \cdot 10^{-5}$  m/s

prova Lefranc 2: eseguita tra 15.00 e 15.50 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $6.19 \cdot 10^{-6}$  m/s

prova Lefranc 3: eseguita tra 18.00 e 18.50 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $6.87 \cdot 10^{-6}$  m/s

prova Lefranc 4: eseguita tra 25.00 e 25.50 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia debolmente limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $9.93 \cdot 10^{-6}$  m/s

prova Lefranc 5: eseguita tra 31.50 e 32.00 m da pc

litologia del tratto di prova: argilla limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $6.15 \cdot 10^{-7}$  m/s

identificativo: **BH-PE-13**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 6+305

quota piano campagna: 45.10 m s.l.m.

profondità: 40 m

tubo pvc ø 3" per Cross Hole fino a 20 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): n.d

massima quota piezometrica rilevata: n.d.

prova Lefranc 1: eseguita tra 11.80 e 12.00 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia debolmente sabbiosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $4.64 \cdot 10^{-5}$  m/s

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 160 di 234</p>

prova Lefranc 2: eseguita tra 14.80 e 15.00 m da pc  
litologia del tratto di prova: ghiaia debolmente sabbiosa  
coefficiente di permeabilità calcolato:  $5.63 \cdot 10^{-5}$  m/s  
prova Lefranc 3: eseguita tra 18.00 e 19.00 m da pc  
litologia del tratto di prova: sabbia limosa  
coefficiente di permeabilità calcolato:  $3.39 \cdot 10^{-6}$  m/s  
prova Lefranc 4: eseguita tra 21.00 e 22.00 m da pc  
litologia del tratto di prova: sabbia debolmente limosa  
coefficiente di permeabilità calcolato:  $3.90 \cdot 10^{-6}$  m/s  
prova Lefranc 5: eseguita tra 31.50 e 32.00 m da pc  
litologia del tratto di prova: argilla limosa  
coefficiente di permeabilità calcolato:  $6.25 \cdot 10^{-7}$  m/s

identificativo: **BH-PE-14**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 6+825

quota piano campagna: 44.50 m s.l.m.

profondità: 40 m

tubo pvc  $\varnothing$  3" per Cross Hole fino a 20 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): n.d

massima quota piezometrica rilevata: n.d.

prova Lefranc 1: eseguita tra 11.70 e 12.00 m da pc

litologia del tratto di prova: ghiaia e sabbia

coefficiente di permeabilità calcolato:  $1.18 \cdot 10^{-2}$  m/s

prova Lefranc 2: eseguita tra 14.70 e 15.00 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia debolmente limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $5.79 \cdot 10^{-3}$  m/s

prova Lefranc 3: eseguita tra 19.70 e 12.00 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia limosa

coefficiente di permeabilità calcolato:  $6.45 \cdot 10^{-3}$  m/s

prova Lefranc 4: eseguita tra 32.70 e 33.00 m da pc

litologia del tratto di prova: sabbia fine con limo

coefficiente di permeabilità calcolato:  $9.62 \cdot 10^{-3}$  m/s

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 161 di 234

### Sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con piezometro a tubo aperto

identificativo: **PZ31**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 60 m Nord all'altezza del km 6+500

quota bocca foro: 45.76 m s.l.m.

quota piano campagna: - m s.l.m.

profondità: 25 m

tratto filtrante: tra 5 e 25 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 9.12 m da pc (07.12.2020)

massima quota piezometrica rilevata: 36.64 m s.l.m.

identificativo: **PZ32**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 70 m Nord all'altezza del km 6+500

quota bocca foro: 46.12 m s.l.m.

quota piano campagna: - m s.l.m.

profondità: 25 m

tratto filtrante: tra 5 e 25 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 9.16 m da pc (07.12.2020)

massima quota piezometrica rilevata: 36.96 m s.l.m.

### Pozzi pilota

identificativo: **P3**

anno di perforazione: 2020

ubicazione approssimativa: km 6+500

quota bocca foro: 45,25 m s.l.m.

quota piano campagna: 46.66 m s.l.m.

profondità: 30 m

tratto filtrante: tra 5 e 25 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 8.60 m da pc (07.12.2020)

massima quota piezometrica rilevata: 36.65 m s.l.m.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 162 di 234</p>

#### 5.2.4 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E IDROGRAFICHE

L'opera in oggetto interessa una tratta della lunghezza di circa 1.5 km in corrispondenza della località Case Nuove del Comune di S. Martino Buon Albergo (Figura 43).

La morfologia della tratta interessata dall'opera è sub-pianeggiante, leggermente degradante verso Sud, con pendenza media dello 0.25%, tipica della pianura alluvionale, di cui fa parte; nella tratta di interesse le quote altimetriche sono all'incirca variabili tra 49 e 44 m s.l.m..

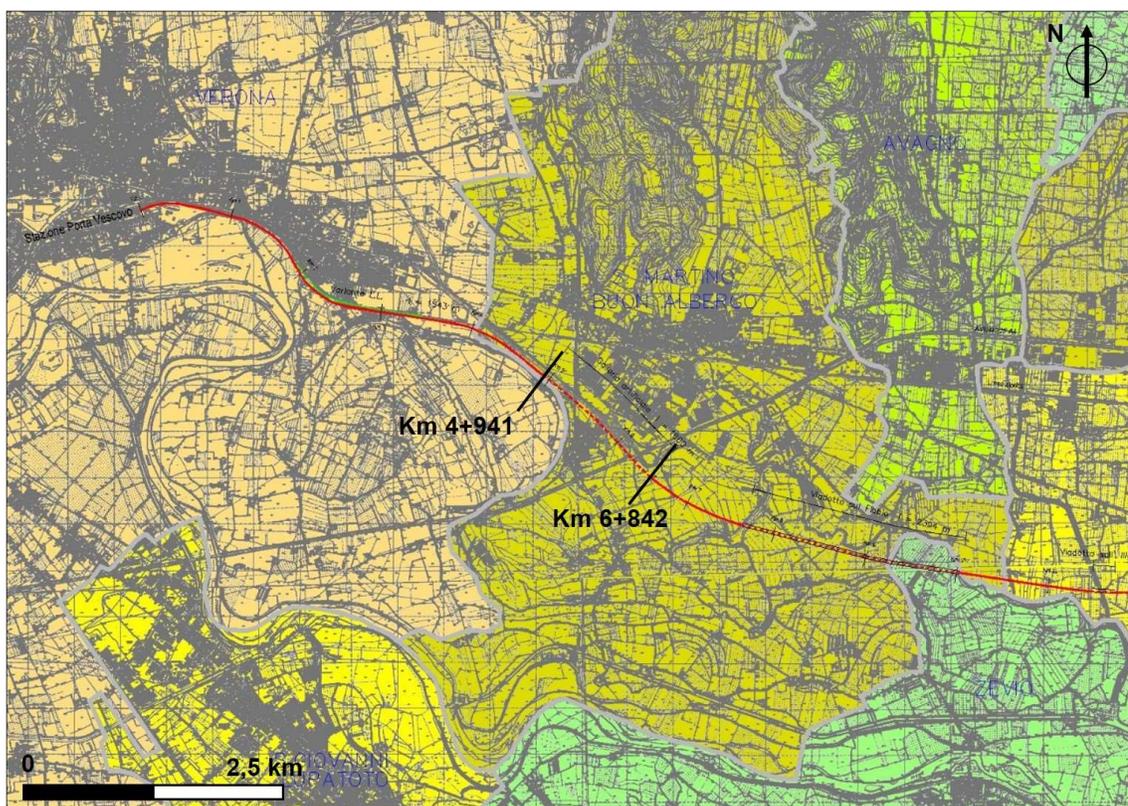


Figura 43 - Inquadramento territoriale dell'opera.

Gli elementi morfologici di maggiore rilievo presenti lungo la tratta o in sua vicinanza sono sia di tipo antropico che naturale e rappresentati da:

- un'ex area di cava presente in corrispondenza dell'imbocco Nord della galleria artificiale il cui piano attuale di scavo è posto a circa -6/-8 m dall'originario piano campagna;
- la scarpata che delimita il terrazzo della conoide atesina (Diluvium recente) dal terrazzo del Diluvium tardivo e delle alluvioni antiche e attuali del Fiume Adige.

Quest'ultimo elemento morfologico si sviluppa in vicinanza del primo tratto della galleria artificiale e, pur non interferendo direttamente con l'opera, ha riflessi sull'idrogeologia e l'idrografia del settore.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 163 di 234

Da un punto di vista altimetrico i terrazzi delle alluvioni antiche attuali del F. Adige e del Diluvium tardivo sono ribassati di circa 10 m rispetto al terrazzo del Diluvium recente e interessati dalla presenza di evidenti tracce di paleoalvei dell'Adige attualmente occupati da idrografia secondaria, perlopiù connessa al reticolo irriguo del settore, anche alimentata da sorgenti di terrazzo (come in vicinanza della località la Sorgente) che determinano lo sfioro delle acque di prima falda alla base della scarpata morfologica che separa le diverse unità morfostratigrafiche.

Per quanto attiene gli aspetti idrografici, oltre al fitto reticolo idrografico che si sviluppa intensamente in buona parte del settore circostante, i principali corsi d'acqua che attraversano il tratto interessato dall'opera sono rappresentati dal T. Rosella che viene intersecato all'incirca all'altezza del km 5+300 e un corso d'acqua minore intersecato al km 6+250.

#### 5.2.5 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E LITOLOGICHE

Per quanto attiene i caratteri geologici generali, il sottosuolo dell'area interessata dall'opera è costituito da alluvioni fluviali e fluvioglaciali a litologia prevalentemente sabbioso-ghiaiosa attribuite alla conoide wurmiana del F. Adige.

Alla conoide principale atesina, si interdigitano le conoidi deposte dai corsi d'acqua minori che, nel tratto oggetto di studio, sono rappresentate dalla struttura depositata dai Torrenti Fibbio e d'Illasi.

Nella zona di Alta pianura le conoidi alluvionali sono prevalentemente ghiaiose, almeno nei primi 300 metri di spessore e sono interdigitate e parzialmente sovrapposte tra loro, con digitazioni limose e argillose le quali diventano sempre più frequenti da monte a valle.

Nel tratto all'incirca compreso tra i km 5+000 e 7+600, dove il tracciato si sviluppa al di sopra del fluvioglaciale wurmiano, le caratteristiche litologiche del sottosuolo si rilevano con discreta omogeneità in tutto il settore investigato dalle nuove indagini e sono contraddistinte da una prima litozona (LITAZONA 1) costituita da alluvioni a prevalenza ghiaioso-sabbiosa avente spessore variabile tra 10 e 18 m da p.c., che in profondità passa a una LITAZONA 2 prevalentemente sabbiosa (sabbie, da medie a fini, talora ghiaiose in matrice da debolmente limosa a limosa) che si rinviene sino a una profondità variabile tra circa 25 m da p.c., in corrispondenza del tratto Sud dell'opera e circa 29-33 m da p.c., nel tratto più settentrionale e nei piezometri realizzati nell'area industriale di San Martino Buon Albergo.

Al di sotto di questa litozona compare il primo significativo livello a litologia limoso argillosa (LITAZONA 3), contraddistinto da uno spessore variabile tra circa 3 e 9 m, a cui fanno seguito ulteriori alluvioni a litologia prevalentemente sabbioso-ghiaiosa (LITAZONA 4).

Questo livello limoso-argilloso determina una parziale compartimentazione dell'acquifero freatico e, quanto meno localmente, consente di individuare una prima falda libera da una sottostante seconda falda semiconfinata.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 164 di 234

Nel tratto successivo, sino al km 10+045, ove il tracciato si sviluppa al di sopra del terrazzo del Wurm tardivo formato dalla piana alluvionale del T. Fibbio, si rileva una situazione che nel complesso è sostanzialmente analoga a quella precedente, ma contraddistinta da minore presenza di sedimenti coesivi e dalla netta predominanza di materiali a prevalenza sabbiosa che formano la maggior parte del sottosuolo fino alla massima profondità investigata dai sondaggi.

In questo tratto lo strato più superficiale, avente spessore medio di circa 2-4 m, è generalmente formato da sedimenti limoso argillosi, sovrapposti a una litozona ghiaioso-sabbiosa che si estende fino a una profondità variabile tra circa 5 e 10 m, che sovrasta una litozona prevalentemente sabbiosa (sabbie, da medie a fini, talora ghiaiose in matrice da debolmente limosa a limosa) con lenti limoso-argillose di spessore di alcuni decimetri a varie quote.

Le succitate caratteristiche sono mostrate nei profili geologico ed idrogeologico ricostruiti sia sulla base delle stratigrafie relative ai sondaggi eseguiti nel periodo 2002-2015 sia di quelli recentemente realizzati la cui successione litologica viene di seguito sinteticamente descritta:

#### Sondaggio **SPA5**

da 0 a 15 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 15 a 27.8 m: sabbia ghiaiosa passante a sabbia limosa a 20 m (SECONDA LITAZONA)

da 27.8 a 30 m: argilla limosa (TERZA LITAZONA)

#### sondaggio **XA203B004**

da 0 a 23.4 m: sabbia con ghiaia passante a ghiaia sabbiosa tra 10.6 e 12.5 m e successivamente a sabbia limosa tra 12.5 e 21 m (SECONDA LITAZONA)

da 23.4 a 27.3 m: limo argilloso e argilla limosa (TERZA LITAZONA)

da 27.3 e 30 m: ghiaia limosa passante a sabbia ghiaiosa (QUARTA LITAZONA)

nota: il sondaggio è stato perforato alla base di una ex cava ed è posto a circa -7 m rispetto all'originario piano campagna e pertanto è parzialmente assente la prima litozona.

#### Sondaggio **BHPE10**

da 0 a 11.1 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 11.1 a 12.5 m: sabbia debolmente ghiaiosa (SECONDA LITAZONA)

da 12.5 a 14 m: argilla limosa mista a sabbie fini e limo (TERZA LITAZONA)

da 14 a 31.8 m sabbia fine (SECONDA LITAZONA)

da 31.8 a 38.5 m argilla limosa e limo con sabbia (TERZA LITAZONA)

da 38.5 a 40 m sabbia con ghiaia (SECONDA LITAZONA)

#### Sondaggio **SP6**

da 0 a 11.4 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 165 di 234

da 11.4 a 26.7 m: sabbia debolmente limosa localmente con ghiaia (SECONDA LITAZONA)

da 26.7 a 32.7 m: limo argilloso e argilla limosa (TERZA LITAZONA)

da 32.7 a 40 m: sabbia debolmente limosa (QUARTA LITAZONA)

#### Sondaggio **BHPE11**

da 0 a 14.7 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 14.7 a 31.2 m: sabbia ghiaiosa passante a sabbia limosa a 20 m (SECONDA LITAZONA)

da 31.2 a 33.9 m: argilla limosa (TERZA LITAZONA)

da 33.9 a 50 m sabbia limosa passante a sabbia ghiaiosa a 45 m (SECONDA LITAZONA)

#### Sondaggio **XA203B005**

da 0 a 13.3 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 13.3 a 28.7 m: sabbia limosa con ghiaia passante a sabbia limosa tra 21.5 e 24.2 m e tra 28.2 e 28.7 m (SECONDA LITAZONA)

da 28.7 a 33 m: limo argilloso sabbioso e argilla limosa (TERZA LITAZONA)

da 33 a 40 m: sabbia debolmente ghiaiosa (QUARTA LITAZONA)

#### Sondaggio **BHPE13**

da 0 a 15.4 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 15.4 a 27.5 m: sabbia e sabbia limosa (SECONDA LITAZONA)

da 27.5 a 33.5 m: limo argilloso e argilla limosa (TERZA LITAZONA)

da 33.5 a 40 m sabbia limosa (SECONDA LITAZONA)

#### Sondaggio **SPA8**

da 0 a 12.8 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 12.8 a 24.4 m: sabbia ghiaiosa passante a sabbia limosa a 20 m (SECONDA LITAZONA)

da 24.4 a 29.5 m: limo argilloso sabbioso e argilla limosa (TERZA LITAZONA)

da 29.5 a 30 m: sabbia limosa (QUARTA LITAZONA)

#### Sondaggio **SPA8bis**

da 0 a 13 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 13 a 24.4 m: sabbia ghiaiosa passante a sabbia limosa a 20 m (SECONDA LITAZONA)

da 24.4 a 27 m: limo argilloso sabbioso e argilla limosa (TERZA LITAZONA)

#### Sondaggio **BHPE14**

da 0 a 14.3 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 166 di 234

da 14.3 a 24 m: sabbia ghiaiosa passante a sabbia limosa (SECONDA LITAZONA)

da 24 a 29.5 m: argilla limosa (TERZA LITAZONA)

da 29.5 a 40 m sabbia limosa (SECONDA LITAZONA)

Sondaggio **SA203R003** (km 4+030; quota pc 51.5 m slm)

da 0 a 17.7 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 17.7 a 30 m: sabbia da debolmente limosa a limosa (SECONDA LITAZONA)

Sondaggio **SA203B006**

da 0 a 18 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 18 a 24.8 m: sabbia da debolmente ghiaiosa a debolmente limosa (SECONDA LITAZONA)

da 24.8 a 36.6 m: limo argilloso passante a limo sabbioso (TERZA LITAZONA)

da 36.6 a 40 m: ghiaia sabbiosa (QUARTA LITAZONA)

identificativo: **SPA9**

da 0 a 12.5 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 12.5 a 22.5 m: sabbia e sabbia ghiaiosa (SECONDA LITAZONA)

da 22.5 a 28.8 m: limo argilloso sabbioso e argilla limosa (TERZA LITAZONA)

da 28.8 a 35 m: sabbia limosa (QUARTA LITAZONA)

identificativo: **SPA9bis**

da 0 a 8.4 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 8.4 a 14.7 m: sabbia e sabbia ghiaiosa talora limosa (SECONDA LITAZONA)

da 14.7 a 19 m: limo argilloso sabbioso e argilla limosa (TERZA LITAZONA)

da 19 a 36.4 m: sabbia limosa e sabbia ghiaiosa (QUARTA LITAZONA)

nota: il sondaggio è ubicato sul diluvium tardivo a una quota circa 10 più bassa rispetto a quella del terrazzo di San Martino buon Albergo e pertanto si rileva uno spessore più ridotto delle prime due litozone

identificativo: **PZ1**

da 0 a 10.5 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 10.5 a 28.45 m: sabbia ghiaiosa passante a sabbia limosa (SECONDA LITAZONA)

da 28.45 a 30 m: limo argilloso (TERZA LITAZONA)

identificativo: **PZ2**

da 0 a 13.6 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 13.6 a 24.1 m: sabbia ghiaiosa passante a sabbia limosa (SECONDA LITAZONA)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 167 di 234

da 24.1 a 27 m: limo argilloso e limo sabbioso (TERZA LITAZONA)

identificativo: **PZ3**

da 0 a 12.15 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 12.15 a 31.1 m: sabbia ghiaiosa passante a ghiaia sabbiosa tra 18.6 e 21.6 m (SECONDA LITAZONA)

da 31.1 a 33 m: argilla limosa e limo argilloso sabbioso (TERZA LITAZONA)

da 33 a 34 m: sabbia limosa (QUARTA LITAZONA)

identificativo: **PZ4**

da 0 a 13 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 13 a 29.5 m: sabbia ghiaiosa e sabbia limosa con livelli limosi (SECONDA LITAZONA)

da 29.5 a 30 m: limo (TERZA LITAZONA)

identificativo: **PZ5**

da 0 a 14.9 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 14.9 a 27.4 m: sabbia limosa e sabbia ghiaiosa passante a limo sabbioso tra 24.6 e 25.6 m (SECONDA LITAZONA)

da 27.4 a 30.6 m: limo debolmente sabbioso (TERZA LITAZONA)

identificativo: **PZ6**

da 0 a 4.7 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 4.7 a 22.9 m: sabbia limosa e sabbia ghiaiosa (SECONDA LITAZONA)

da 22.9 a 23.9 m: limo argilloso sabbioso e argilla limosa (TERZA LITAZONA)

da 23.9 a 31.5 m: ghiaia sabbiosa e sabbia limosa (QUARTA LITAZONA)

nota: il sondaggio è ubicato sul diluvium tardivo a una quota circa 10 più bassa rispetto a quella del terrazzo di San Martino buon Albergo e pertanto si rileva una successione litologica leggermente differente

identificativo: **PZ7**

da 0 a 9.6 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 9.6 a 28.7 m: sabbia limosa e sabbia ghiaiosa (SECONDA LITAZONA)

da 28.7 a 30 m: limo debolmente sabbioso (TERZA LITAZONA)

identificativo: **PZ8**

da 0 a 15 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

da 15 a 24.5 m: sabbia ghiaiosa e sabbia limosa (SECONDA LITAZONA)

da 24.5 a 25.5 m: limo argilloso (TERZA LITOZONA)

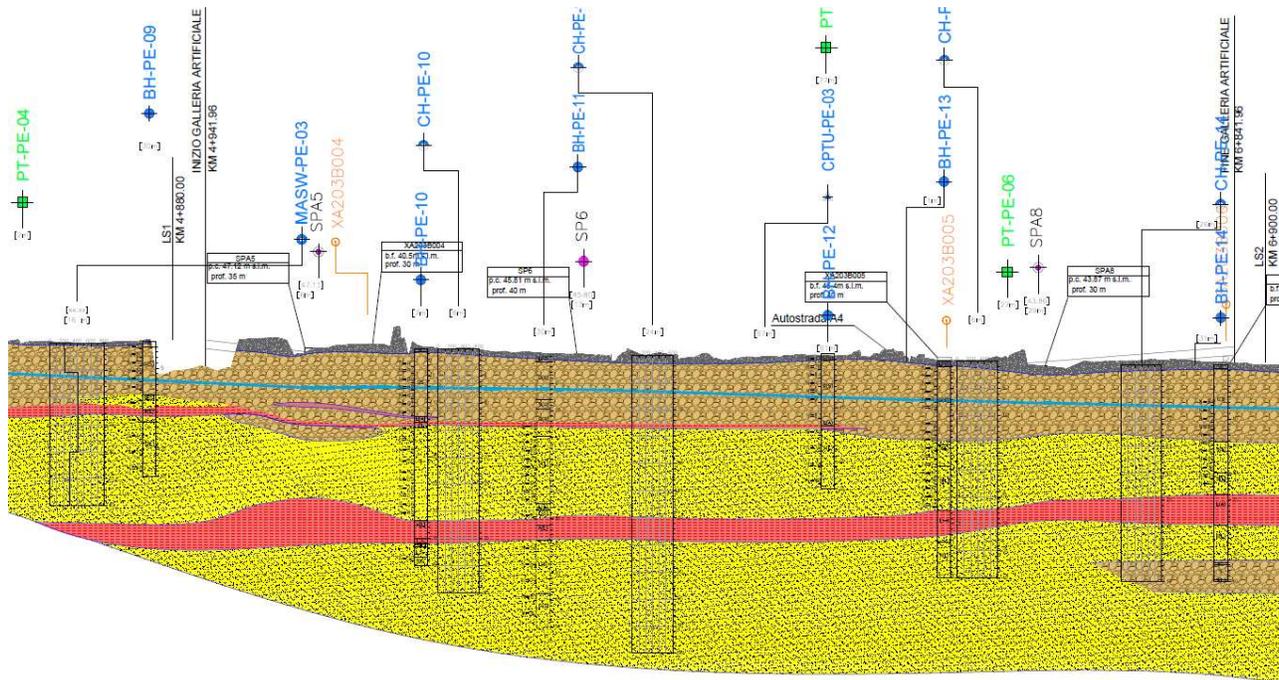


Figura 44 - Sezione idrogeologica lungo la galleria artificiale.

## 5.2.6 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La struttura idrogeologica del settore che sarà interessato dalla galleria artificiale è contraddistinta dalla presenza di un'unità alluvionale riconducibile alla conoide formata dal Fiume Adige al suo sbocco nella pianura padana, attribuita alle facies fluviali e fluvio-glaciali del Pleistocene Sup.

L'unità Ghiaioso-sabbiosa della conoide del Fiume Adige, che costituisce il sottosuolo fino a oltre 200 metri di profondità, è caratterizzata dalla netta prevalenza di ghiaie e sabbie intervallate da sottili lenti argillose in genere contraddistinte da una limitata estensione areale.

Nel settore considerato una parziale compartimentazione di questo acquifero è data dal livello di limi e argille avente spessore variabile tra 3 e 9 m che si rinviene a profondità variabili tra circa 24 e 30 m dal p.c. e che, quanto meno nel tratto interessato dall'opera e nel settore circostante, consente di individuare una prima falda libera da una sottostante seconda falda semi-confinata.

Nel tratto iniziale, fino al km 7+600, la falda freatica presenta una soggiacenza, variabile a seconda delle quote del piano di campagna da un massimo di circa 10 m a un minimo di circa 6 m da p.c., che si riduce bruscamente nel tratto successivo, laddove, in ragione del salto altimetrico di circa 10 m che si verifica

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 169 di 234

passando dal terrazzo del Wurm a quello del Wurm tardivo, la falda diviene sub-affiorante, essendo praticamente posta a livello del piano campagna.

In prossimità della base della scarpata morfologica che separa i due terrazzi, l'intersezione tra la superficie topografica e quella piezometrica determina lo sfioro delle acque di falda che danno origine ad alcune sorgenti di terrazzo, che vanno ad alimentare il fitto reticolo irriguo presente lungo la piana del T. Fibbio.

Analogamente a quanto avviene in questo settore, anche in vicinanza del primo tratto, all'altezza della località "la Sorgente", in Comune di S. Martino Buon Albergo, sono presenti ulteriori sorgenti di terrazzo.

Tali sorgenti, al pari dei fontanili, agiscono come sfioratori della falda decapitandone le piene e agendo in tal modo come elemento regolatore delle escursioni annue e stagionali del livello freatico.

La prima falda libera è il corpo idrico sotterraneo di interesse per la problematica in oggetto in quanto, presentando una soggiacenza attuale del livello freatico di circa 6-8 m da p.c., corrispondente a quote piezometriche variabili tra circa 40 m s.l.m. presso l'imbocco Nord e 37 m s.l.m. presso l'imbocco Sud, determinerà con l'opera una reciproca interferenza.

Infatti, sulla base delle succitate condizioni litologiche e idrogeologiche del sottosuolo, i diaframmi laterali da realizzare per la costruzione dell'opera, che dovranno raggiungere una profondità massima di circa 20 m, interferiranno con l'acquifero determinando una parziale chiusura della sezione di deflusso della falda e il noto "effetto diga".

In particolare, sulle base delle indicazioni progettuali, i diaframmi laterali presenteranno un'interferenza parziale, progressivamente decrescente spostandosi verso le due estremità dell'opera.

Le misure di livello della falda rilevate nei piezometri realizzati lungo il tracciato della linea ferroviaria sono al momento riferite a un intervallo temporale piuttosto limitato e pertanto in numero inadeguato per poter effettuare valutazioni relative sia alle possibili fluttuazioni del livello freatico sia alla direzione locale del flusso idrico sotterraneo.

Nel dettaglio si dispone di:

- due campagne di misura del livello freatico, eseguite nei piezometri realizzati nell'ambito del progetto preliminare, in data sconosciuta, ma probabilmente entrambe riconducibili all'anno 2002;
- 18 campagne di misura del livello freatico, eseguite nei piezometri realizzati nell'ambito del progetto definitivo nel periodo novembre 2014 – marzo 2018.

Nella seguente Tabella 20 sono riassunti i valori minimi di soggiacenza e i massimi di quota piezometrica rilevati nei piezometri realizzati nel 2014, in ordine crescente di progressiva lungo il tratto di interesse.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 170 di 234

Tabella 20 - Valori minimi di soggiacenza rilevati nei piezometri 2014 – 2018 ubicati nel tratto interessato dalla galleria artificiale di S. Martino Buon Albergo.

Piezometro	progressiva	Data del rilievo	Minima Soggiacenza (m)	Quota piezometrica (m slm)
SPA5	5+150	26.04.2016	7.19	39.22
PZ1	5+150	26.04.2016	7.30	39.36
SDC7	5+625	17.12.2014	6.66	39.17
SPA8	6+470	27.07.2015	6.69	36.64
SPA8bis	6+470	26.04.2016	6.44	36.89
PZ2	6.470	26.04.2016	6.30	36.88
SPA9	7+613	13.11.2014	8.20	34.15
SPCA10	7+651	varie	+1	33.62
SPA9BIS	8+050	22.10.2015	0.49	31.41

Per quanto attiene la ricostruzione della morfologia della superficie piezometrica e la direzione del flusso idrico sotterraneo, che rappresenta uno dei principali elementi per definire la potenziale interferenza tra opera e falda idrica, si dispone della "carta idrogeologica dell'alta pianura veronese", il cui stralcio, inerente la tratta in oggetto, è mostrato in Figura 45, oltre che delle carte idrogeologiche redatte a corredo del PTCP della Provincia di Verona e del PAT del Comune di Verona. Inoltre, nel periodo 26-28 aprile 2016, è stato eseguito un rilievo freaticometrico su tutti i punti presenti nel settore di interesse.

I dati rilevati, riportati nella Tabella 21, hanno consentito di ricostruire la superficie piezometrica riportata nello stralcio in Figura 45, contraddistinta da una direzione di flusso della falda che, per il tratto in oggetto, presenta andamento NNW-SSE, con gradiente idraulico variabile tra 0.2 e 0.4% e quote piezometriche variabili tra circa 39.5 m s.l.m. presso l'imbocco Nord e circa 35.5 m s.l.m. presso l'imbocco Sud.

Tabella 21 - Valori di soggiacenza e quota piezometrica rilevate nella campagna di misure del 26/28.04.2016.

Piezometro	Quota p.c. (m slm)	Soggiacenza (m)	Quota piezometrica (m slm)
PZA	61.213	15.09	46.12
PZB	59.226	13.87	45.36
SPA2	46.501	1.46	45.04
SPA5	46.411	7.19	39.22
PZ1	46.664	7.30	39.36
PZ2	43.288	6.41	36.88
SPA8bis	43.33	6.44	36.89
PZ3	46.468	7.03	39.44
PZ4	46.356	7.28	39.08
PZ5	44.534	7.63	36.90
PZ6	39.536	1.14	38.40
PZ7	45.99	9.08	36.91
PZ8	43.668	8.63	35.04
SPA9	42.353	8.82	33.53
SPA9BIS	31.863	0.51	31.35
SDA12	31.079	0.96	30.12
SPA12bis	30.73	1.37	29.36
SPAA13sup	29.307	0.74	28.57

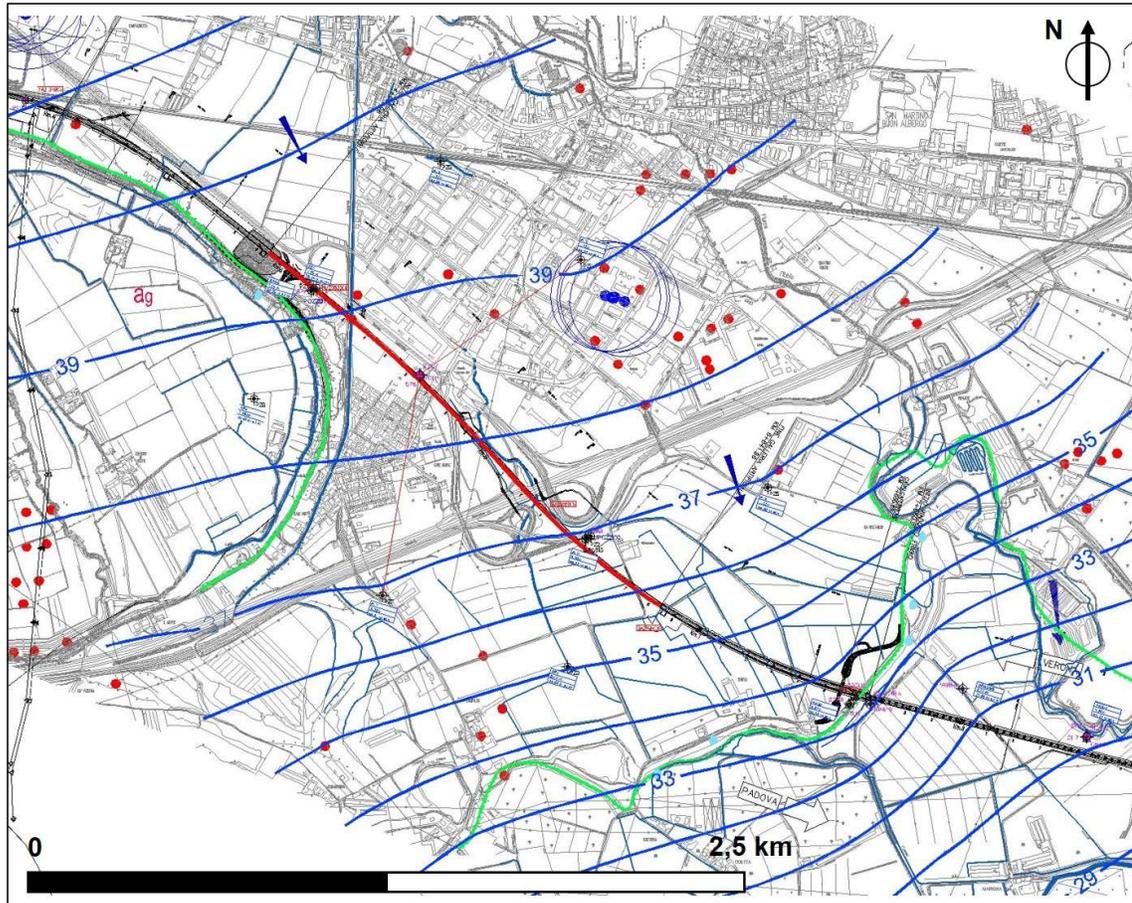


Figura 45 - Superficie piezometrica ricostruita in base alle misure eseguite in data 26/28.04.2016.

La direzione di falda derivante dai dati sito-specifici raccolti nell'ultima campagna sulla rete di piezometri estesa su di un'area più vasta conferma la ricostruzione piezometrica riportata nella "carta idrogeologica dell'alta pianura veronese" (di cui uno stralcio, inerente alla tratta in oggetto, è mostrato in Figura 46).

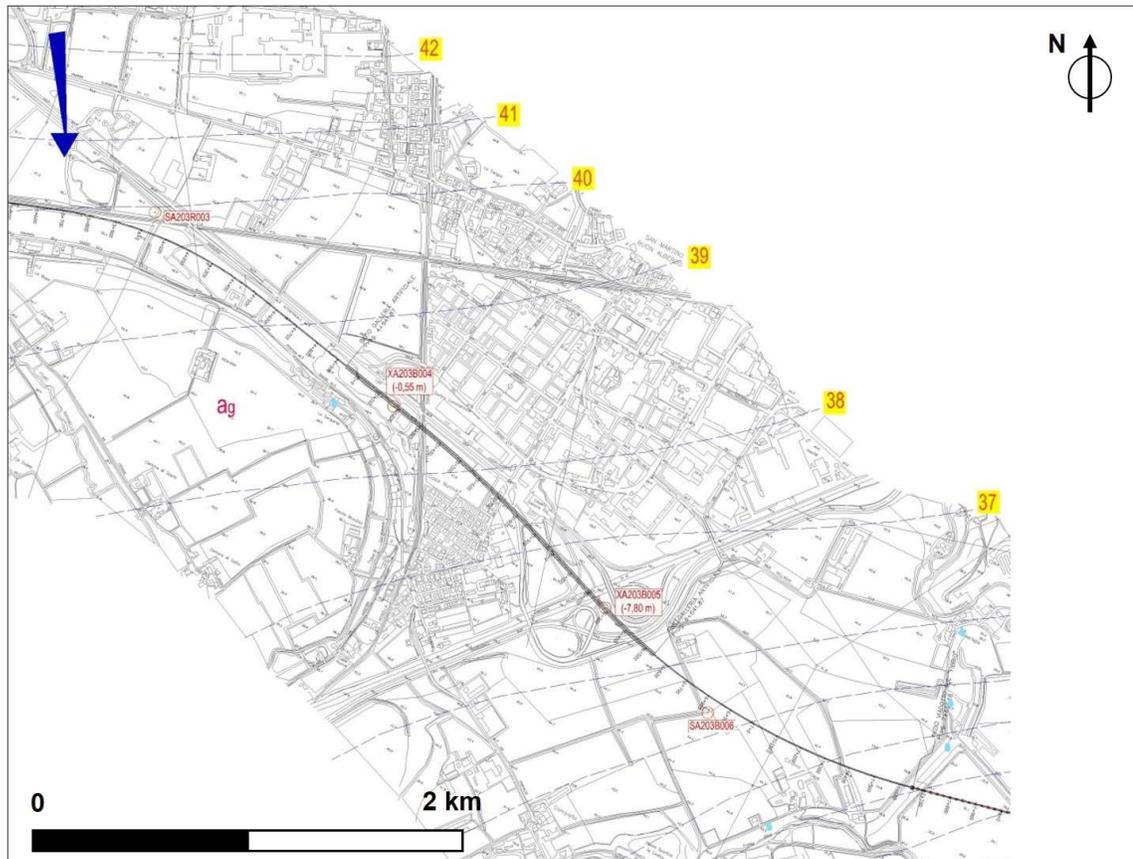


Figura 46 - Superficie piezometrica (Stralcio della carta idrogeologica).

Un'analogia elaborazione della superficie piezometrica è riportata nei documenti redatti a corredo del PTCP della Provincia di Verona, un cui stralcio è mostrato in Figura 47.

Si evidenzia che le quote piezometriche riportate nelle succitate elaborazioni sono ribassate di circa 1 m rispetto a quelle misurate nel corso dei rilievi condotti nel periodo novembre 2014 – Marzo 2018, ma, visto il numero di dati disponibili, ciò potrebbe non essere affatto rappresentativo dell'entità delle escursioni annuali e stagionali del livello freatico.

GENERAL CONTRACTOR

Consorzio IricAV Due

ALTA SORVEGLIANZA

 **ITALFERR**  
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RHGE0000003C

Foglio

173 di 234

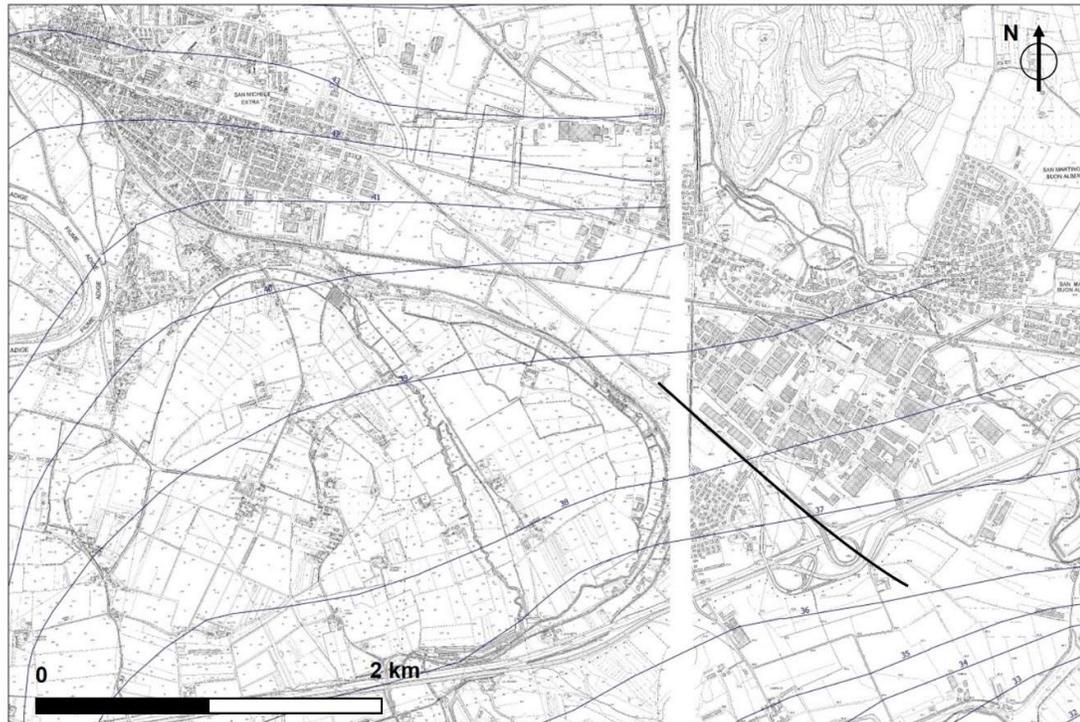


Figura 47 - Superficie piezometrica (tratta da PTCP della Provincia di Verona).

In Figura 48 è riportato uno stralcio della carta idrogeologica tratta dal PAT del Comune di San Martino Buon Albergo, suddivisa in classi di soggiacenza.

Per quanto attiene il tratto interessato dal tracciato ferroviario, posto al di sopra del terrazzo del fluvioglaciale Wurm, sono indicati valori di soggiacenza variabili tra 4 e 8 m, mentre passando al tratto posto al di sopra della piana del Fibbio condizioni di falda affiorante o subaffiorante, con vasti settori soggetti a inondazioni periodiche.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 174 di 234</p>

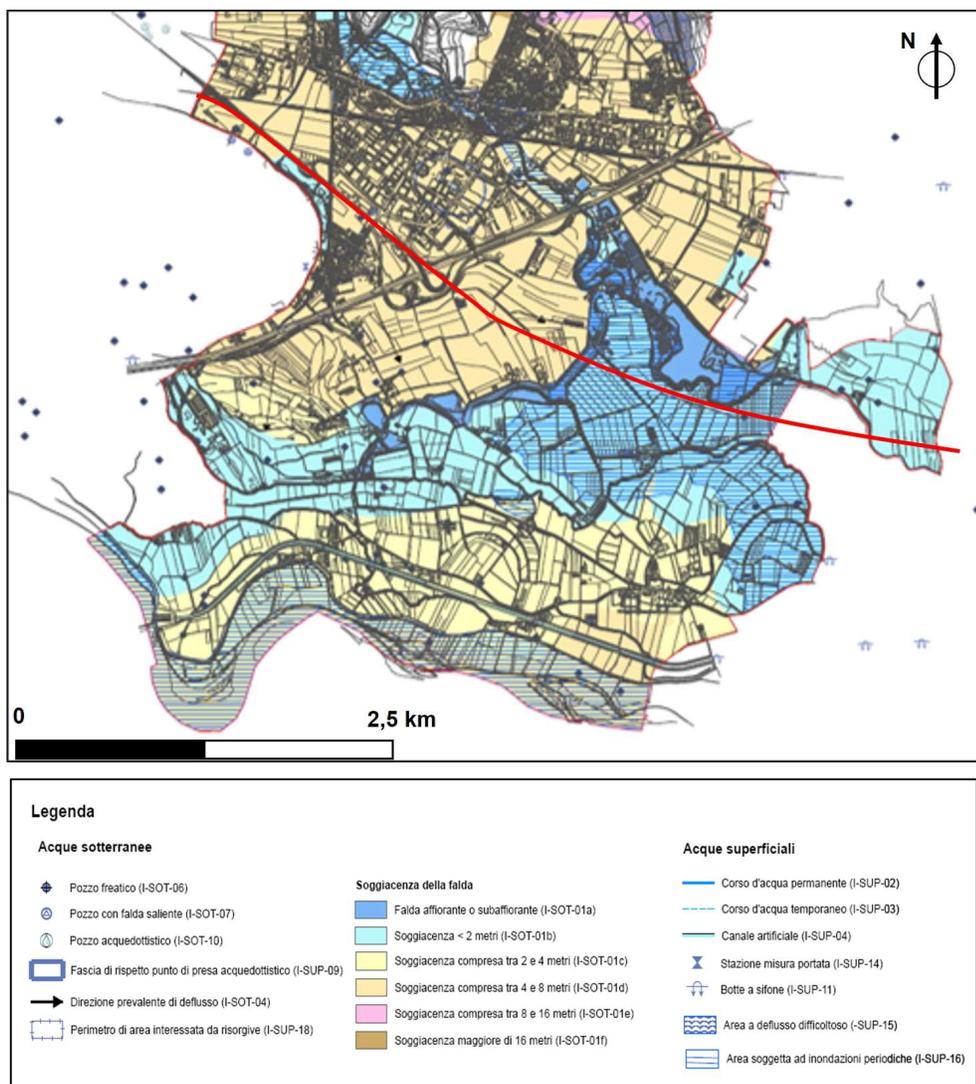


Figura 48 - Stralcio della "Carta Idrogeologica" del PAT di San Martino Buon Albergo.

Per avere indicazioni temporalmente più estese della fluttuazione della falda nel settore circostante l'area in oggetto si può fare riferimento ai dati, già discussi nel capitolo relativo alle oscillazioni freatiche, inerenti i punti delle reti di controllo piezometrico della Provincia di Verona e a quella dell'ex Servizio Idrografico e Mareografico attualmente gestita da ARPAV, nonché agli studi condotti a livello regionale dall'Agenzia stessa, che di seguito vengono brevemente riassunti.

I punti di controllo posti in vicinanza del settore in esame sono relativi alle seguenti stazioni e periodi di misura (ubicazione nelle Figura 17, Figura 18 e Figura 19):

- pozzo n. 168 in Comune di Lavagno (periodo 1999-2008);
- pozzo n. 56 in località Vago del Comune di Lavagno (periodo 1984-2005);

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 175 di 234

- pozzo n. 47 in località Rota di Caldiero (periodo 1997-2005);
- pozzo n. 12 in località San Massimo (periodo 2005-2012);

Le oscillazioni freatiche riscontrate nei succitati punti di monitoraggio sono riportate nelle figure da Figura 20 a Figura 23.

Le fluttuazioni freatiche rilevate nei pozzi n. 168 e n. 56 in Comune di Lavagno (Figure 20 e 21) e n. 47 in località Rota di Caldiero (Figura 22), tutti ubicati nella conoide minore del T. D'Illassi, evidenziano un regime di portata della falda tipico dell'alta pianura, vale a dire principalmente connesso agli afflussi meteorici, con oscillazioni perlopiù irregolari sia nell'entità delle escursioni che nei mesi di massima elevazione della falda. Le fluttuazioni stagionali evidenziano significative escursioni che possono raggiungere anche valori di circa 4 m come nel pozzo n. 168 di Lavagno o in quello n. 56 di Vago, con massimi di 4.5 m.

Nel pozzo n. 47 di Rota di Caldiero le oscillazioni risultano meno marcate in quanto contraddistinte da valori medi di 1-2 m con punte prossime ai 3 m.

Diversa è la situazione registrata nel pozzo n. 12 di San Massimo (Figura 23), ubicato nella conoide del F. Adige, che manifesta invece un'oscillazione freatica ciclica con massime elevazioni della falda nel periodo tardo estivo e minime in quello primaverile, tipiche delle aree soggette a irrigazione.

Anche in questo pozzo si rilevano comunque escursioni freatiche estremamente significative contraddistinte da valori anche prossimi a 4 m.

L'entità delle escursioni annue tende a ridursi a valori variabili tra 1 e 2 m avvicinandosi alla linea dei fontanili e alla Piana del T. Fibbio, in ragione del drenaggio operato dalle risorgive e dai corsi d'acqua irrigui che, agendo da sfioratori della falda, esercitano un effetto di decapitazione delle piene e quindi di regolazione delle escursioni annue e stagionali del livello freatico.

Analogo effetto di smorzamento della fluttuazione stagionale della falda è dato anche dalle sorgenti di terrazzo ubicate alla base della scarpata che delimita il terrazzo wurmiano da quello tardivo, una delle quali ubicate in vicinanza dell'imbocco Nord della galleria artificiale (località "la Sorgente").

Ulteriori elementi utili alla valutazione della massima escursione freatica caratteristica del tratto in oggetto, sono stati acquisiti nel corso del monitoraggio dei livelli di falda; a tale riguardo nelle figure da Figura 49 a Figura 53 sono riportate le misure freatiche rilevate nei piezometri di controllo SPA5, SDC7, SPA8, SPA9 e SPA9bis ubicati nel settore in oggetto.

Le oscillazioni misurate nel periodo novembre 2014 – aprile 2016 mostrano un'escursione dell'ordine di circa 1.2 – 1.5 m.

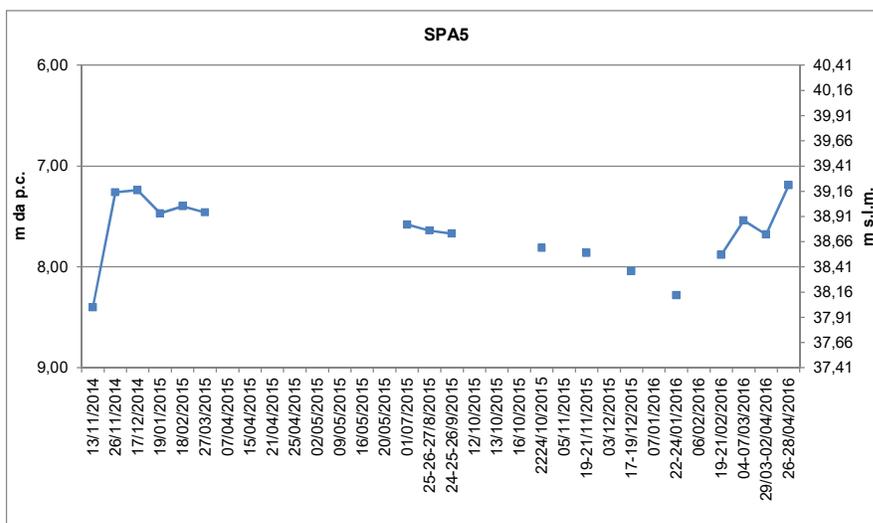


Figura 49 - Oscillazione freatica nel piezometro SPA5 (novembre 2014 – aprile 2016).

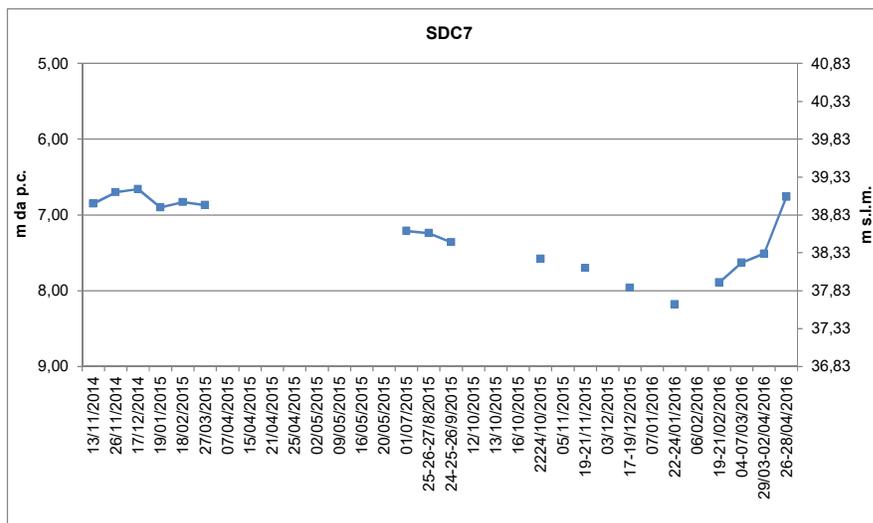


Figura 50 - Oscillazione freatica nel piezometro SDC7 (novembre 2014 – aprile 2016).

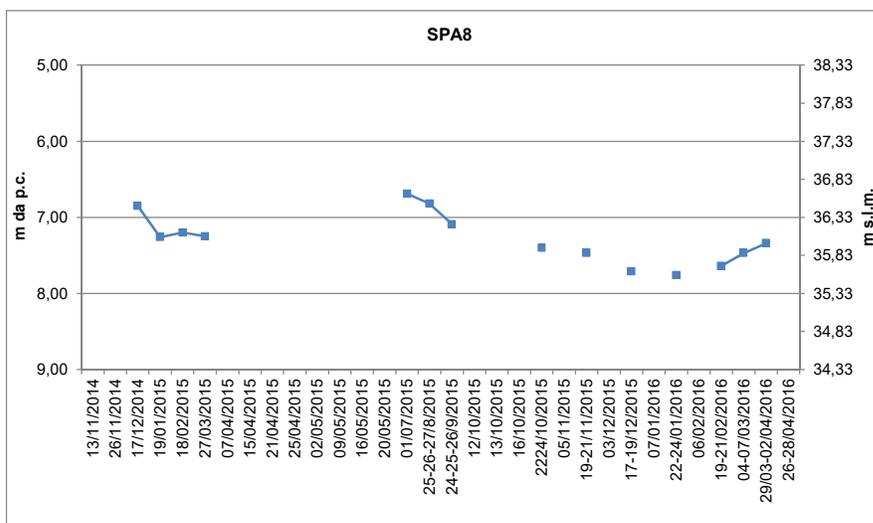


Figura 51 - Oscillazione freatica nel piezometro SPA8 (novembre 2014 – aprile 2016).

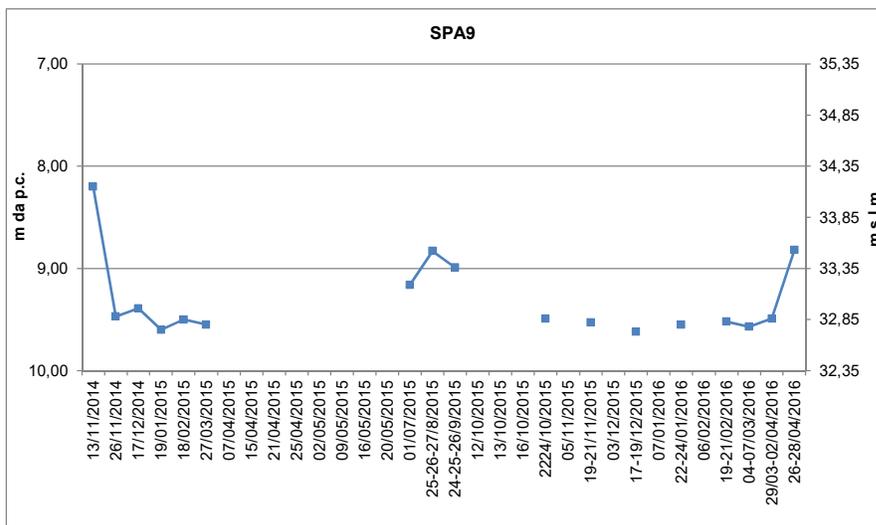


Figura 52 - Oscillazione freatica nel piezometro SPA9 (novembre 2014 – aprile 2016).

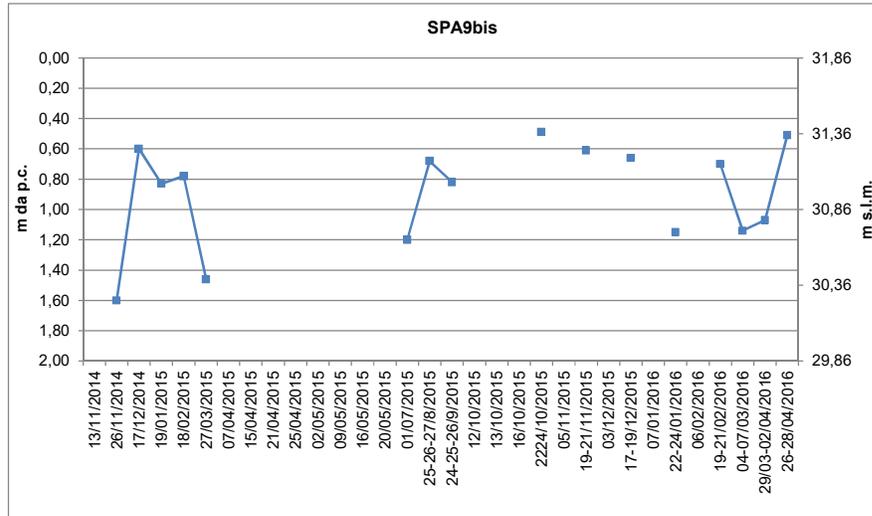


Figura 53 - Oscillazione freatica nel piezometro SPA9bis (novembre 2014 – aprile 2016).

### 5.2.7 PARAMETRI IDROGEOLOGICI DELL'ACQUIFERO

Le caratteristiche di conducibilità idraulica dell'unità a prevalenza ghiaioso-sabbiosa e sabbiosa che costituisce l'acquifero contenente la prima falda libera sono state determinate mediante l'esecuzione di prove Lefranc sia in ambito di progetto preliminare che definitivo ed esecutivo, nonché attraverso l'esecuzione di prove di portata sui pozzi pilota P1, P2 e P3.

Nella seguente Tabella 22 sono riassunti i dati ricavati da tutte le prove Lefranc disponibili, con indicazione della profondità e della litologia del tratto in prova.

Per i terreni a litologia ghiaioso-sabbiosa attribuibili alla LITAZONA 1 si sono ricavati valori del coefficiente di permeabilità compresi tra circa  $3 \cdot 10^{-5}$  e  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Per i terreni a litologia prevalentemente sabbiosa attribuibili alla LITAZONA 2 si sono ricavati valori del coefficiente di permeabilità compresi tra circa  $5 \cdot 10^{-6}$  e  $1 \cdot 10^{-5}$  m/s.

I valori desunti dalle prove Lefranc presentano tuttavia alcune problematiche che dovranno essere adeguatamente considerate.

In primo luogo, questi test, per le specifiche modalità di esecuzione, forniscono valori puntuali del coefficiente di permeabilità che difficilmente possono essere rappresentativi dell'intero spessore acquifero.

In secondo luogo, si tratta di prove che forniscono, nella maggior parte dei casi, valori del coefficiente di permeabilità significativamente inferiori rispetto a quelli reali, con sottostime che possono anche superare l'ordine di grandezza.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 179 di 234

Tabella 22 - Risultati delle prove Lefranc.

Sondaggio	Progressiva km	Profondità (m da p.c.)	Litologia	Conducibilità idraulica (m/s)
SPA5	5+150	10.5-11	Ghiaia sabbiosa	$4.26 \cdot 10^{-5}$
		18-18.7	Ghiaia sabbiosa	$2.81 \cdot 10^{-5}$
XA203B004	5+175	13.75-14.55	Sabbia limosa	$1.03 \cdot 10^{-5}$
BHPE10	5+328	5.5-6.0	Ghiaia	$2.34 \cdot 10^{-4}$
		9.5-10.0	Ghiaia e sabbia	$1.81 \cdot 10^{-4}$
		13.5-14.0	Sabbia e limo	$9.44 \cdot 10^{-5}$
		16.5-17.0	Sabbia fine	$2.95 \cdot 10^{-5}$
		19.5-20.0	Sabbia fine	$3.1 \cdot 10^{-5}$
		33.0-33.5	Argilla limosa	$7.65 \cdot 10^{-6}$
SDC7	5+625	8-8.5	Ghiaia sabbiosa	$7.64 \cdot 10^{-5}$
		10-10.5	Ghiaia sabbiosa	$8.26 \cdot 10^{-5}$
		12-12.5	Sabbia deb. limosa	$5.36 \cdot 10^{-6}$
		15-15.5	Sabbia deb. limosa	$1.02 \cdot 10^{-5}$
BHPE11	5+637	12.0-12.5	Ghiaia sabbiosa	$4.81 \cdot 10^{-5}$
		15.0-15.5	Sabbia limosa	$6.19 \cdot 10^{-6}$
		18.0-18.5	Sabbia limosa	$6.87 \cdot 10^{-6}$
		25.0-25.5	Sabbia debolmente limosa	$9.93 \cdot 10^{-6}$
		31.5-32.0	Argilla limosa	$6.15 \cdot 10^{-7}$
XA203B005	6+300	19.5-20	Sabbia limosa ghiaiosa	$1.13 \cdot 10^{-5}$
BHPE13	6+305	11.80-12.0	Ghiaia debolmente sabbiosa	$4.64 \cdot 10^{-5}$
		14.80-15.0	Ghiaia debolmente sabbiosa	$5.63 \cdot 10^{-5}$
		18.0-19.0	Sabbia limosa	$3.39 \cdot 10^{-6}$
		21.0-22.0	Sabbia debolmente limosa	$3.9 \cdot 10^{-6}$
		31.5-32.0	Argilla limosa	$6.25 \cdot 10^{-7}$
SPA8	6+470	7.5-8	Ghiaia sabbiosa	$1.15 \cdot 10^{-4}$
		13.5-14	Sabbia ghiaiosa	$6.73 \cdot 10^{-5}$
BHPE14	6+825	11.7-12.0	Ghiaia sabbiosa	$1.18 \cdot 10^{-2}$
		14.7-15.0	Sabbia debolmente limosa	$5.79 \cdot 10^{-3}$
		19.7-20.0	Sabbia limosa	$6.45 \cdot 10^{-3}$
		32.7-33.0	Sabbia fine con limo	$9.62 \cdot 10^{-3}$
SA203B006	6+830	23-24	Sabbia deb. limosa	$2.76 \cdot 10^{-5}$
XA203P008	9+000	10.5-11.5	Sabbia deb. limosa	$9.92 \cdot 10^{-6}$
XA203P009	10+000	9.5-10	Sabbia	$1.17 \cdot 10^{-5}$

Considerare per terreni ghiaioso-sabbiosi, valori di conducibilità idraulica analoghi a quelli ottenuti dalle succitate prove Lefranc, potrebbe portare ad errate valutazioni circa la realizzazione del tampone impermeabile di fondo e alla potenziale interferenza tra opera e falda idrica.

Le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero sono state indagate anche attraverso la realizzazione di prove di portata sui 3 campi prova allestiti e costituiti ciascuno da un pozzo pilota (P1, P2 e P3) e 2 piezometri di controllo.

Nei pozzi in oggetto, una volta sviluppati e sottoposti alle operazioni di spurgo sino alla chiarificazione dell'acqua emunta, sono stati effettuati test per determinare i parametri idrogeologici dell'acquifero captato, realizzando prove di pompaggio a gradini di portata e a portata costante.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 180 di 234

Le prove di pompaggio consistono nel misurare l'evoluzione del livello di falda dovuta a un impulso creato da un emungimento.

Poiché il volume interessato dalla prova è rilevante, questa tecnica viene preferita ad altre che forniscono valori puntuali, difficilmente correlabili con le proprietà reali dell'acquifero.

Quando inizia l'estrazione di una portata  $Q$  da un pozzo, il pelo libero dell'acqua si abbassa e per un dato tempo  $t$  si può tracciare il profilo piezometrico della falda; le variazioni di carico idraulico vengono registrate come abbassamento ( $s$ ) rispetto alla sua altezza iniziale definita "livello statico".

La distanza massima dall'asse del pozzo alla quale si trasmette l'effetto del pompaggio viene definito raggio di influenza del pozzo  $R$  (m); tale raggio cresce all'aumentare del tempo di pompaggio e della portata.

Fintanto che il livello misurato tende ad abbassarsi si è in presenza di un "regime transitorio" o di non equilibrio.

Essendo la quantità d'acqua pompata costante nel tempo e il volume di terreno interessato dall'effetto del pompaggio sempre più grande, la velocità di abbassamento tende a diminuire e, qualora si verifichi una stabilizzazione del livello, si raggiungono condizioni di "regime permanente" o "stazionario".

Il campo prova n. 1 (Figura 54), costituito dal pozzo pilota P1 e dai piezometri PZ1 e SPA5 è stato realizzato presso l'imbocco NW della galleria artificiale, allineando i piezometri di controllo all'incirca ortogonalmente rispetto alla direzione del flusso idrico sotterraneo.

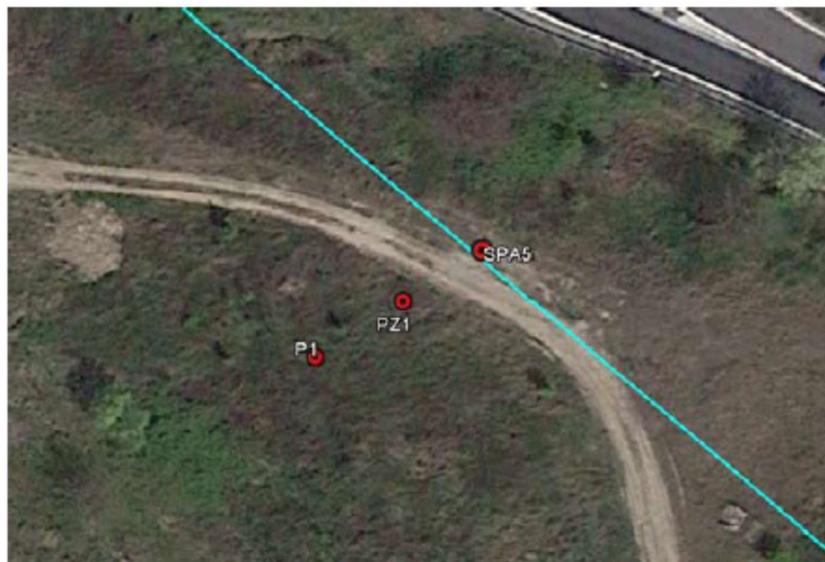


Figura 54 - Disposizione campo prova n. 1.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 181 di 234</p>

Il pozzo P1 interessa l'intero spessore del primo acquifero avendo una profondità di 30 m con tratto fenestrato posto tra 5 e 28 m da p.c., mentre i piezometri di controllo PZ1 e SBA5 presentano rispettivamente tratti fenestrati posti tra 6 e 30 m e tra 9 e 21 m da p.c.

Le distanze tra pozzo e piezometri sono le seguenti:

- pozzo P1 – piezometro PZ1 = 10 m
- pozzo P1 – piezometro SBA5 = 19.1 m

Il campo prova n. 2 (Figura 55), costituito dal pozzo pilota P2 e dai piezometri PZ2 e SPA8bis è stato realizzato presso l'imbocco SE della galleria artificiale; anche in esso i piezometri di controllo sono stati all'incirca allineati ortogonalmente alla direzione del flusso idrico sotterraneo.



Figura 55 - Disposizione campo prova n. 1.

Il pozzo P2 interessa l'intero spessore del primo acquifero avendo un tratto fenestrato posto tra 5 e 25 m da p.c., mentre i piezometri di controllo PZ2 e SPA8bis presentano tratti fenestrati posti tra 6 e 24 m.

Le distanze tra pozzo e piezometri sono le seguenti:

- pozzo P2 – piezometro PZ2 = 11.7 m
- pozzo P2 – piezometro SPA8bis = 21.8 m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 182 di 234

La misurazione dei livelli dinamici è stata effettuata in continuo mediante datalogger STS installati nei pozzi di prova e nei piezometri di osservazione, con saltuari controlli effettuati con strumentazione manuale (freatimetro).

Le misure manuali effettuate a scopo di controllo, hanno confermato quelle scaricate dal datalogger e pertanto sono omesse dal presente rapporto.

I datalogger utilizzati per la misura del livello dinamico nei pozzi di prova e nei piezometri 1 e 2 sono del tipo DL/N 70, con range di misurazione di 20 m e precisione inferiore a  $\pm 0.1\%$ FS.

Per maggiori dettagli circa la strumentazione utilizzata, le metodiche di prova e i dati rilevati nel corso delle prove, si rimanda al rapporto della Società Geolavori allegato alla documentazione.

#### TEST DI POMPAGGIO NEL POZZO P1

##### **Prova di portata a gradini**

Prova in data: 21.04.2016

Inizio prova: ore 12:45

Livello statico all'inizio della prova: 8.44 m (da bocca pozzo)

Portata: da 2.39 a 12.59 l/s

Durata della prova: circa 5 ore

Questo tipo di test è stato realizzato per determinare la curva caratteristica del pozzo necessaria per dimensionare la portata da attribuire a esso durante la prova a portata costante.

Le curva caratteristica del pozzo è descritta dalla relazione:

$$s = BQ + CQ^n$$

nella quale "s" è l'abbassamento in pozzo, Q la portata, C e n sono costanti e B è un parametro che ingloba le caratteristiche dell'acquifero.

Da questa relazione si può pertanto stabilire "l'abbassamento di formazione" BQ che si ha nell'acquifero e la perdita di carico CQ<sup>n</sup> che esprime l'abbassamento aggiuntivo che si determina all'interno del pozzo a seguito del flusso turbolento che si instaura nelle sue vicinanze.

Nel caso in esame il test a portata variabile è stato realizzato sottoponendo l'opera di captazione a 6 successivi incrementi di portata, da un minimo 2.4 a un massimo di 12.6 l/s misurando gli abbassamenti indicati nella Tabella 23 e in Figura 56.

Tabella 23 - Risultati della prova di portata a gradini nel pozzo P1.

GRADINO	PORTATA		Abbassamenti cm	Livello dinamico (m di colonna d'acqua)		
	l/sec	l/min		Inizio	Fine	Gradino
	0	0	0			
1	2.39	143	42.6	12.42	11.99	1
2	3.73	224	79.1	11.99	11.63	2
3	5.54	332	135.1	11.63	11.07	3
4	8.25	495	229.1	11.07	10.13	4
5	9.28	556	283.6	10.13	9.58	5
6	12.59	755	511.6	9.58	7.30	6

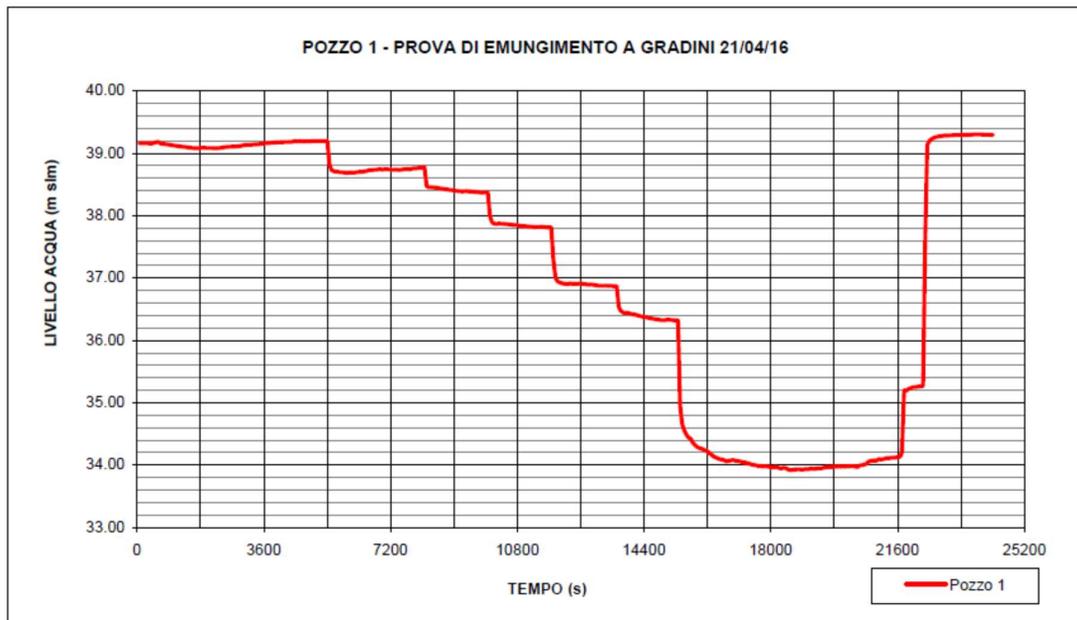


Figura 56 - Curva degli abbassamenti nella prova a gradini del pozzo P1.

La curva caratteristica del pozzo mostrata in Figura 57 non ha evidenziato il raggiungimento della portata critica.

La portata di prova per il successivo test a portata costante è stata individuata in circa 11 l/s.

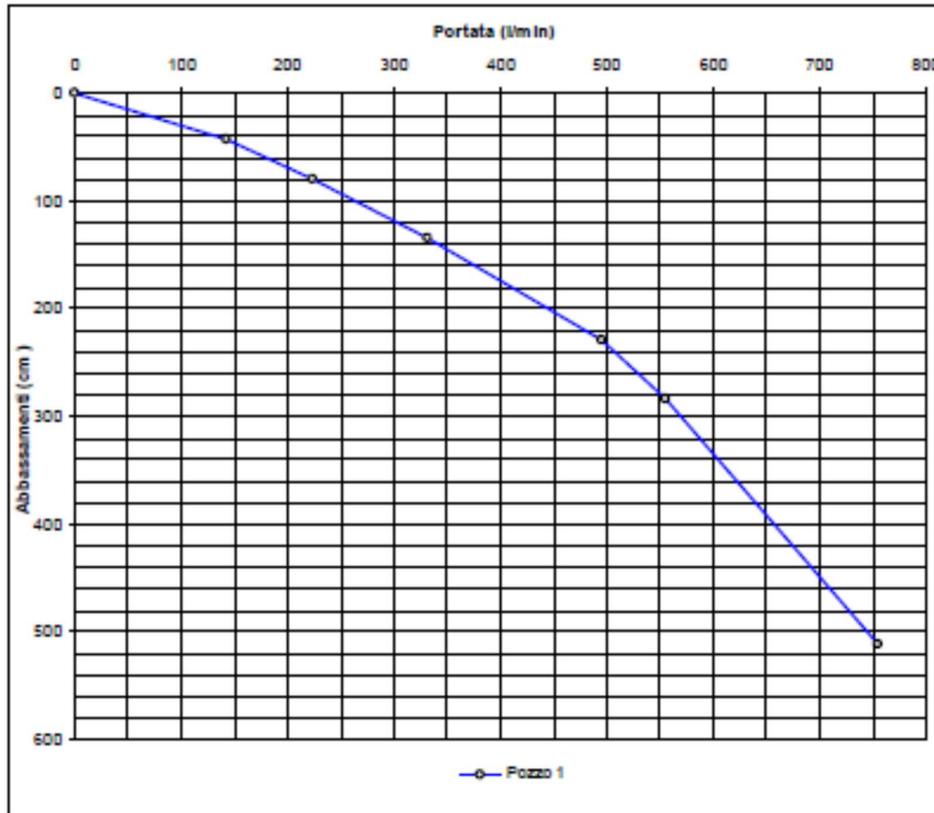


Figura 57 - Curva caratteristica pozzo P1.

**Prova a portata costante**

Prova in data: 21/22.04.2016

Inizio prova: ore 18:00

Livello statico all'inizio della prova: 8.44 m (da bocca pozzo)

Portata: 10.88 l/s

Durata della prova: circa 20 ore

Il grafico tempo-abbassamento registrato dal datalogger installato nel pozzo è mostrato in Figura 58. Al termine del test e con la portata di prova, il pozzo ha manifestato un abbassamento di circa 3.5 m senza che sia stato del tutto raggiunto il regime stazionario. Allo spegnimento della pompa si è verificato un recupero pressoché istantaneo del livello statico di partenza a riprova di un significativo valore di trasmissività dell'acquifero.

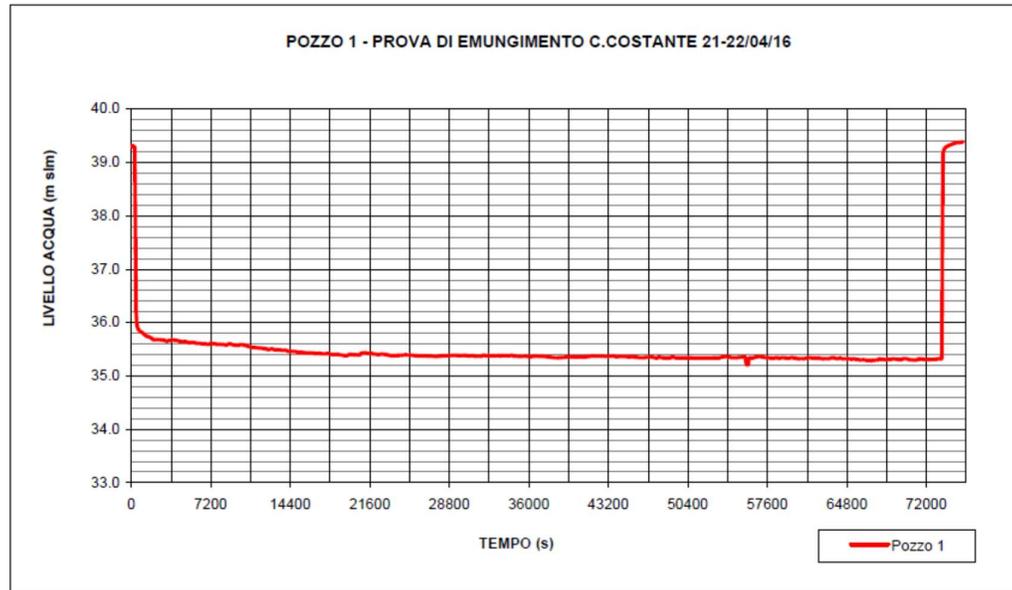


Figura 58 - Curva di abbassamento del pozzo P1 nella prova a portata costante.

Del tutto anomale e con andamento disturbato da fattori esterni sono invece risultate le curve registrate dai piezometri di controllo PZ1 e SPA5, che non è stato possibile utilizzare per alcuna interpretazione significativa della prova.

Per il calcolo dei parametri idrogeologici è stata utilizzata la sola curva di abbassamento del pozzo P1, riportata nel grafico semi-logaritmico in Figura 59, che è stata interpretata con il metodo di Cooper-Jacob.

Questo metodo, valido per falda confinata, può essere utilizzato anche in caso di falda libera applicando l'apposita correzione e qualora l'abbassamento in pozzo sia inferiore al 20% dello spessore saturo di acquifero.

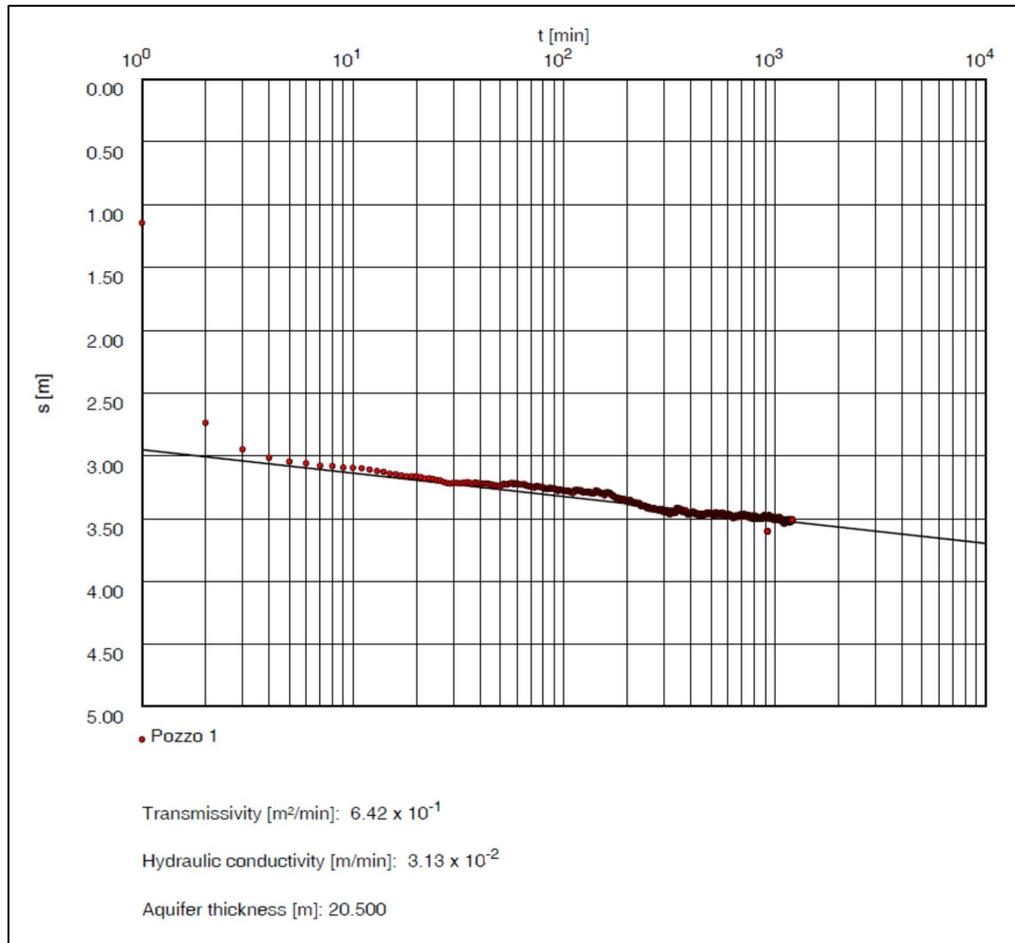


Figura 59 - Curva di abbassamento del pozzo P1 nella prova a portata costante.

In questo modo è stato possibile ricavare i seguenti valori di trasmissività e del coefficiente di permeabilità:

$$T = 1.1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 5.2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Il coefficiente di permeabilità dell'acquifero è stato calcolato considerando l'intero spessore dell'acquifero captato, pari a circa 20.5 m.

Si rileva come i valori ricavati siano pressoché identici a quelli utilizzati per la predisposizione del modello numerico di flusso preliminare a testimoniare, pur con tutte le semplificazioni adottate nel medesimo, la sostanziale correttezza della stima preliminare degli abbassamenti/innalzamenti indotti dalla diaframmatura in progetto.

## TEST DI POMPAGGIO NEL POZZO P2

**Prova di portata a gradini**

Prova in data: 26.04.2016

Inizio prova: ore 10:06

Livello statico all'inizio della prova: 7.35 m (da bocca pozzo)

Portata: da 3.8 a 20.56 l/s

Durata della prova: circa 3 ore

Questo tipo di test è stato realizzato per determinare la curva caratteristica del pozzo necessaria per dimensionare la portata da attribuire a esso durante la prova a portata costante.

Nel caso in esame il test a portata variabile è stato realizzato sottoponendo l'opera di captazione a 6 successivi incrementi di portata, da un minimo 3.8 a un massimo di 20.6 l/s misurando gli abbassamenti indicati nella Tabella 24 e in Figura 60.

Tabella 24 - Risultati prova di portata a gradini nel pozzo P2.

GRADINO	PORTATA		Abbassamenti cm	Livello dinamico (m da p.c.)		
	l/sec	l/min		Inizio	Fine	Gradino
	0	0	0	7.35	7.48	1
1	3.80	228	13	7.48	7.64	2
2	6.91	415	29	7.64	7.83	3
3	9.62	577	48	7.83	8.10	4
4	12.43	746	75	8.10	8.53	5
5	15.33	920	118	8.53	10.00	6
6	20.56	1233	265			

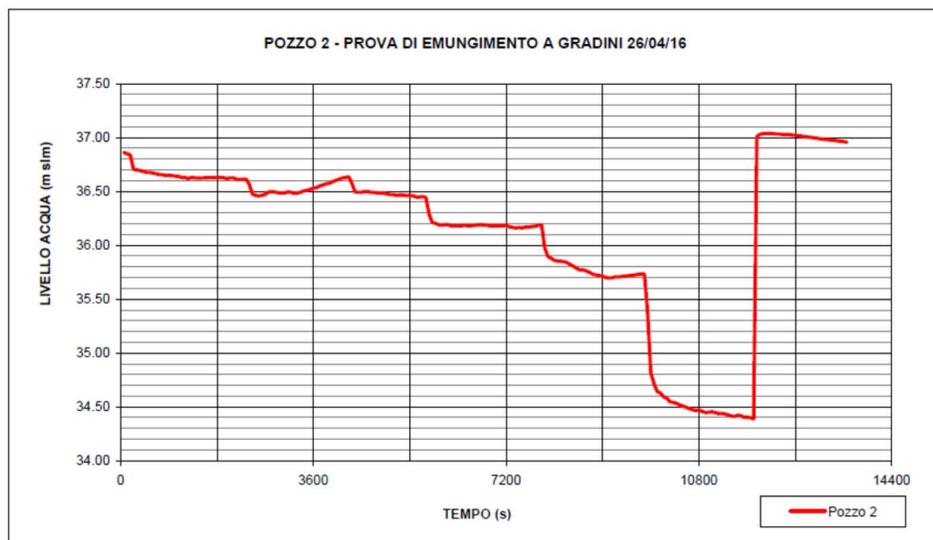


Figura 60 - Curva degli abbassamenti nella prova a gradini del pozzo P2.

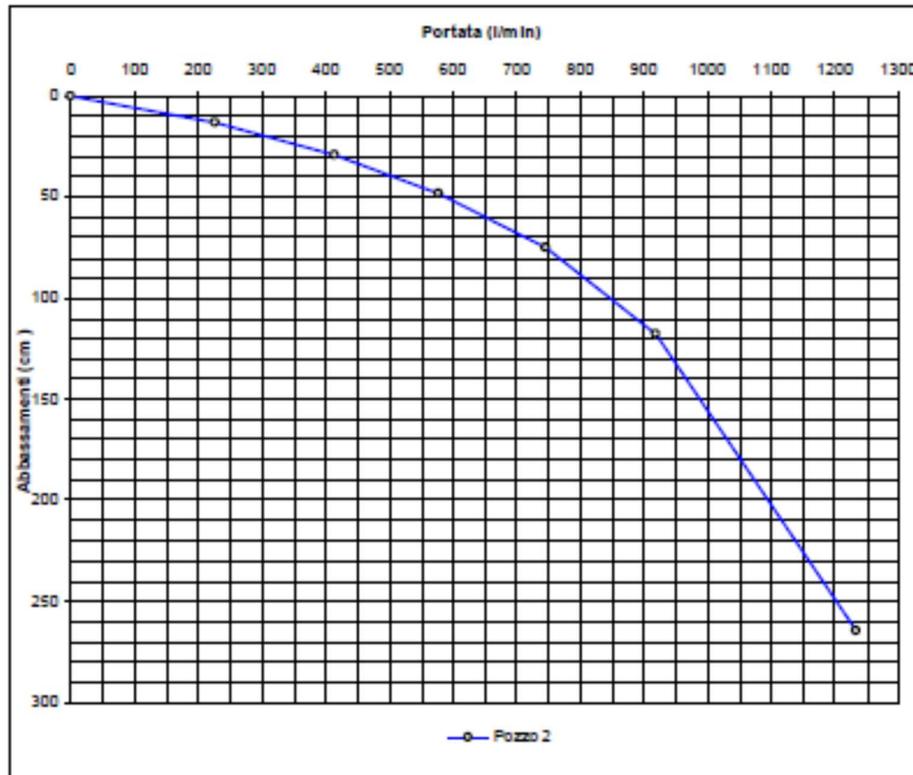


Figura 61 - Curva caratteristica pozzo P2.

Sulla base della curva caratteristica del pozzo, mostrata in Figura 61, la portata di prova per il successivo test a portata costante è stata individuata in circa 15 l/s.

### Prova a portata costante

Prova in data: 26/28.04.2016

Inizio prova: ore 13:48

Livello statico all'inizio della prova nel pozzo P2: 7.35 m (da bocca pozzo)

Livello statico all'inizio della prova nel piezometro PZ2: 6.30 m (da bocca foro)

Livello statico all'inizio della prova nel piezometro SPA8bis: 6.34 m (da bocca foro)

Portata: 14.89 l/s

Durata della prova: circa 48 ore

I grafici tempo-abbassamento registrati dai datalogger installati nel pozzo e nei piezometri di controllo sono mostrati nelle Figura 62 e Figura 63.

Tutte le curve hanno manifestato un andamento non lineare connesso a disturbi esterni verosimilmente connessi a spegnimenti e accensioni di pozzi nelle vicinanze. Tali disturbi non hanno tuttavia inficiato l'interpretazione della prova.

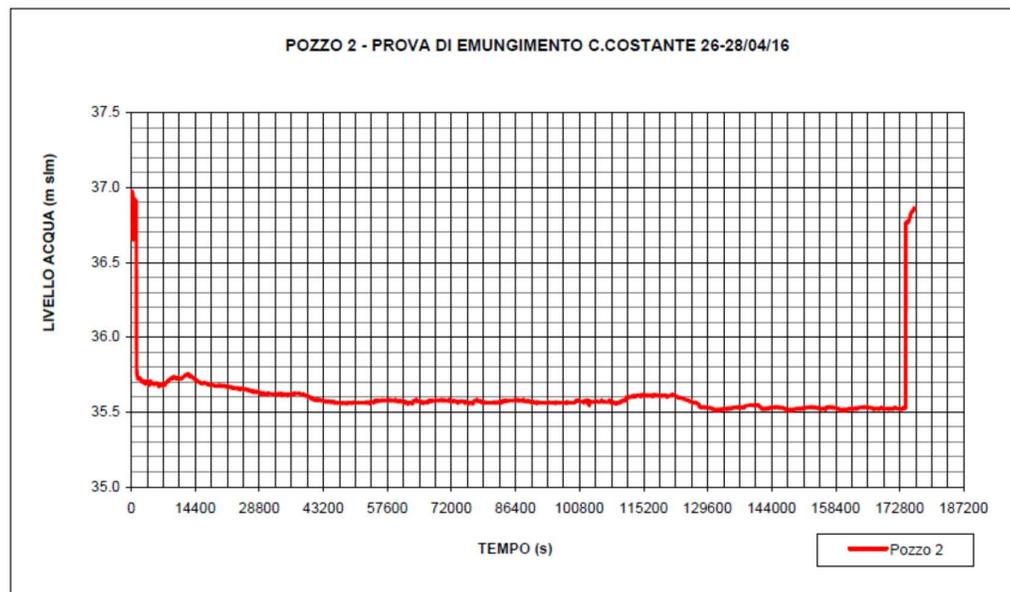


Figura 62 - Curva di abbassamento del pozzo P2 nella prova a portata costante.

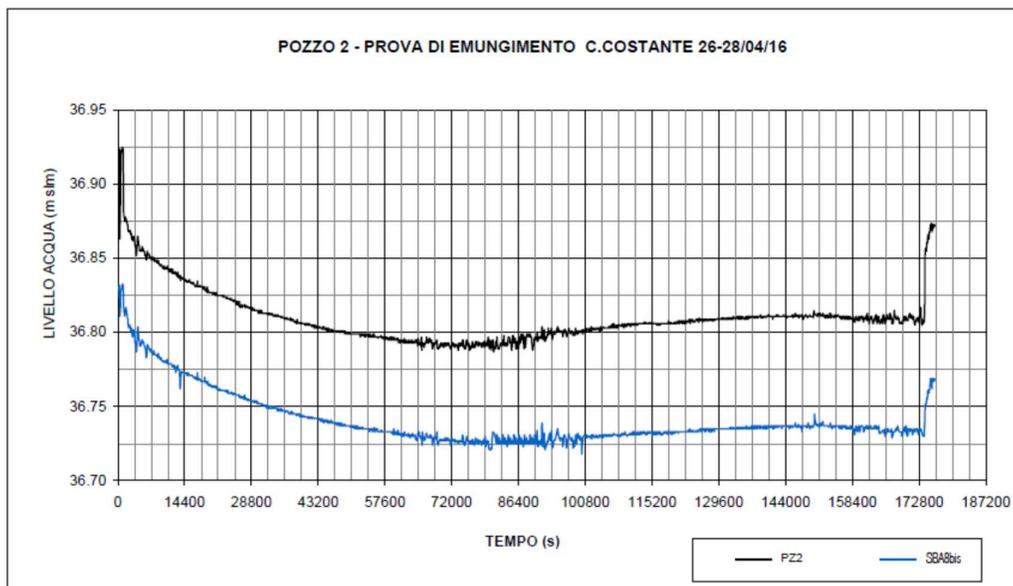


Figura 63 - Curva di abbassamento nei piezometri PZ2 e SPA8bis nella prova a portata costante.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 190 di 234

Al termine del test e con la portata di prova, il pozzo ha manifestato un abbassamento di circa 1.35 m, mentre i piezometri PZ2 e SPA8bis posti a distanza di 11.7 e 21.8 m rispettivamente di circa 12.5 e 10 cm, evidenziando un cono di depressione estremamente piatto e di modesto approfondimento tipico di acquiferi di alta trasmissività.

Dopo circa 20 ore dall'inizio del pompaggio in entrambi i piezometri si è registrata una risalita dei livelli verosimilmente legata allo spegnimento di pozzi posti nelle vicinanze. In ragione di tale disturbo l'interpretazione è stata eseguita sulla prima parte delle curve di abbassamento (fino al minuto 1200). Per il calcolo dei parametri idrogeologici sono state utilizzate sia la curva di abbassamento registrata nel pozzo sia quelle restituite dai piezometri di controllo, utilizzando sia il metodo di Cooper-Jacob (grafici semi-logaritmici nelle figure da Figura 64 a Figura 66), valido per falda confinata, ma applicabile anche in caso di falda libera mediante apposita correzione e qualora l'abbassamento in pozzo sia inferiore al 20% dello spessore saturo di acquifero, sia quello di Neuman (grafici bi-logaritmici nella Figura 67 e Figura 68), valido per falda libera.

I grafici di abbassamento dei piezometri di controllo dopo un tempo di circa 200 minuti in PZ2 e di 300 minuti in SBA8bis hanno evidenziato l'insorgere di fenomeni di drenaggio ritardato, tipici di falde libere, sui cui tratti deve essere eseguita l'interpretazione delle prove.

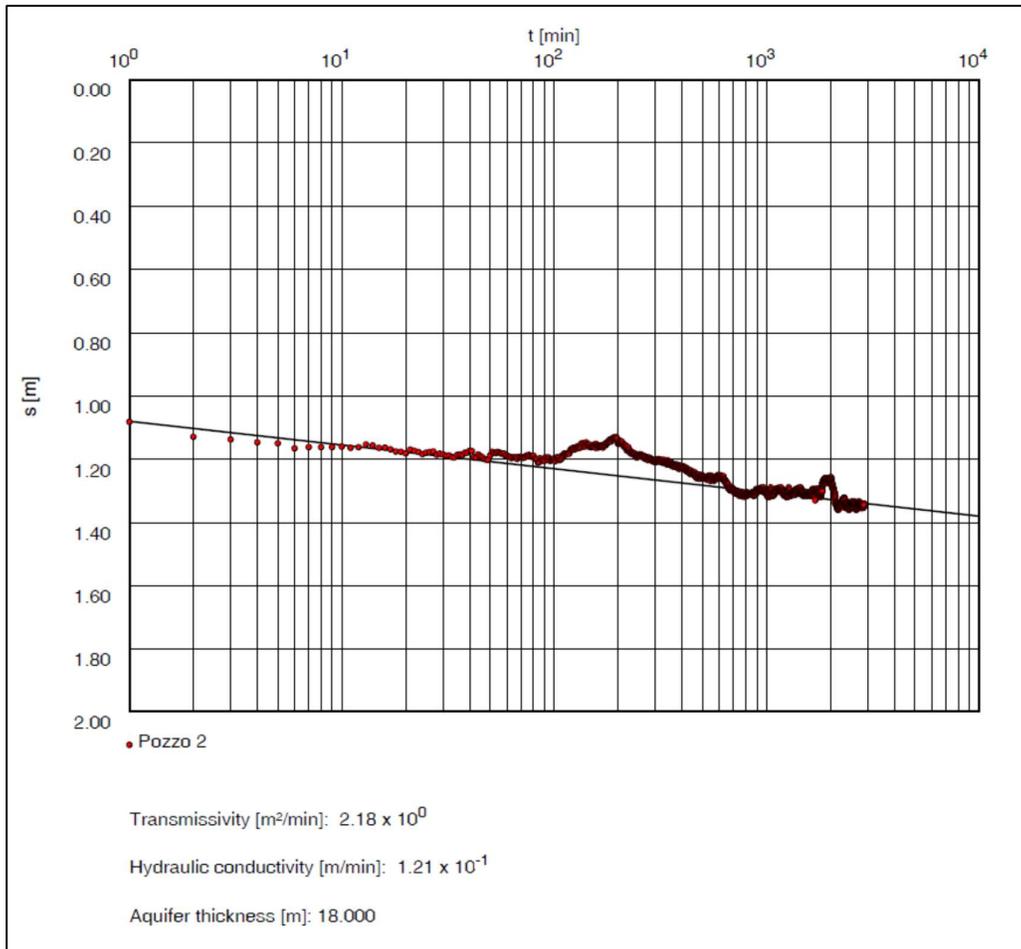


Figura 64 - Curva di abbassamento del pozzo P2 nella prova a portata costante.

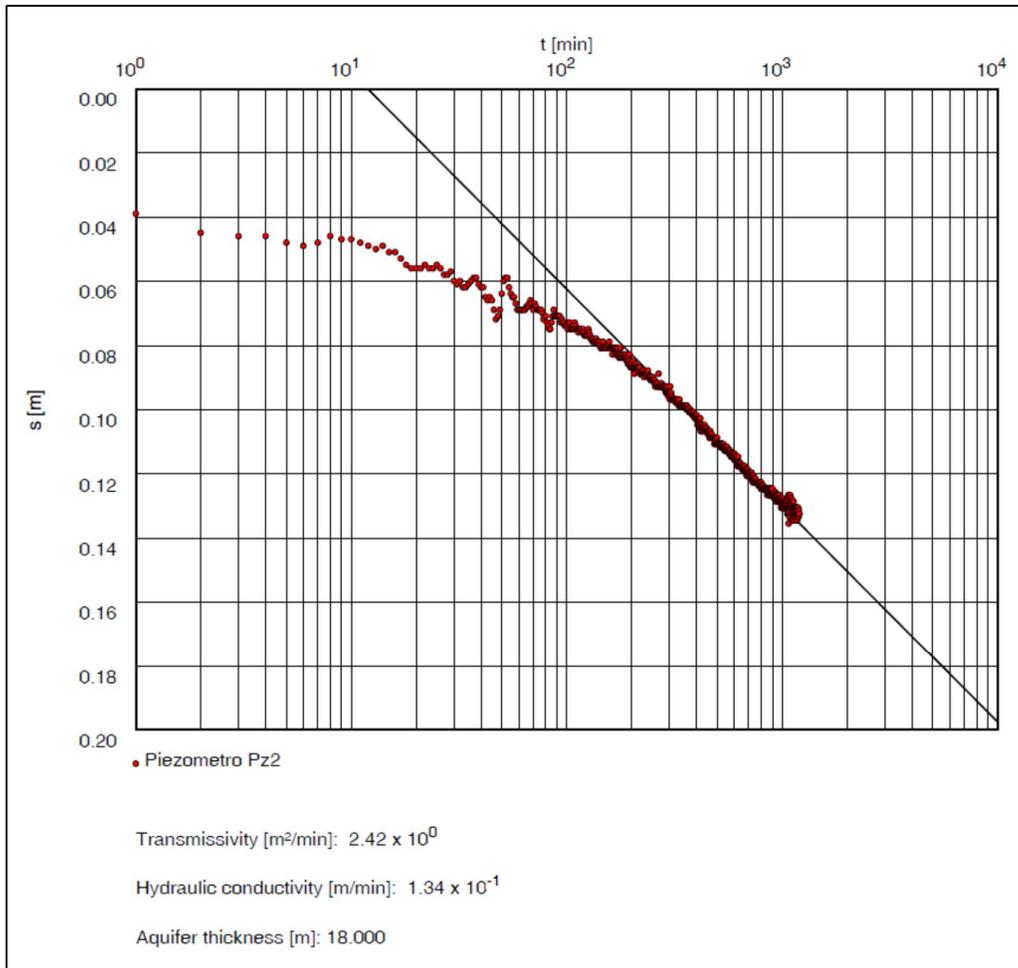


Figura 65 - Curva di abbassamento del piezometro PZ2 nella prova a portata costante.

Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RHGE0000003C

Foglio

193 di 234

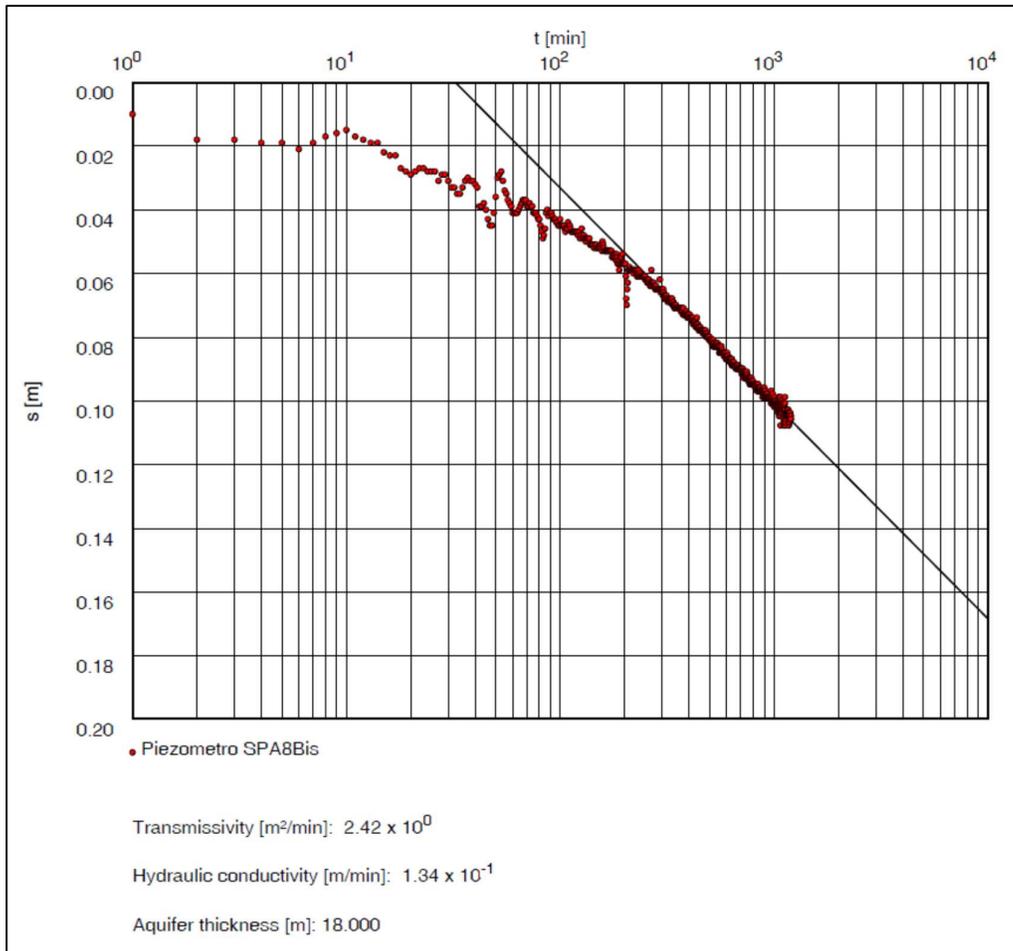


Figura 66 - Curva di abbassamento del piezometro SPA8bis nella prova a portata costante.

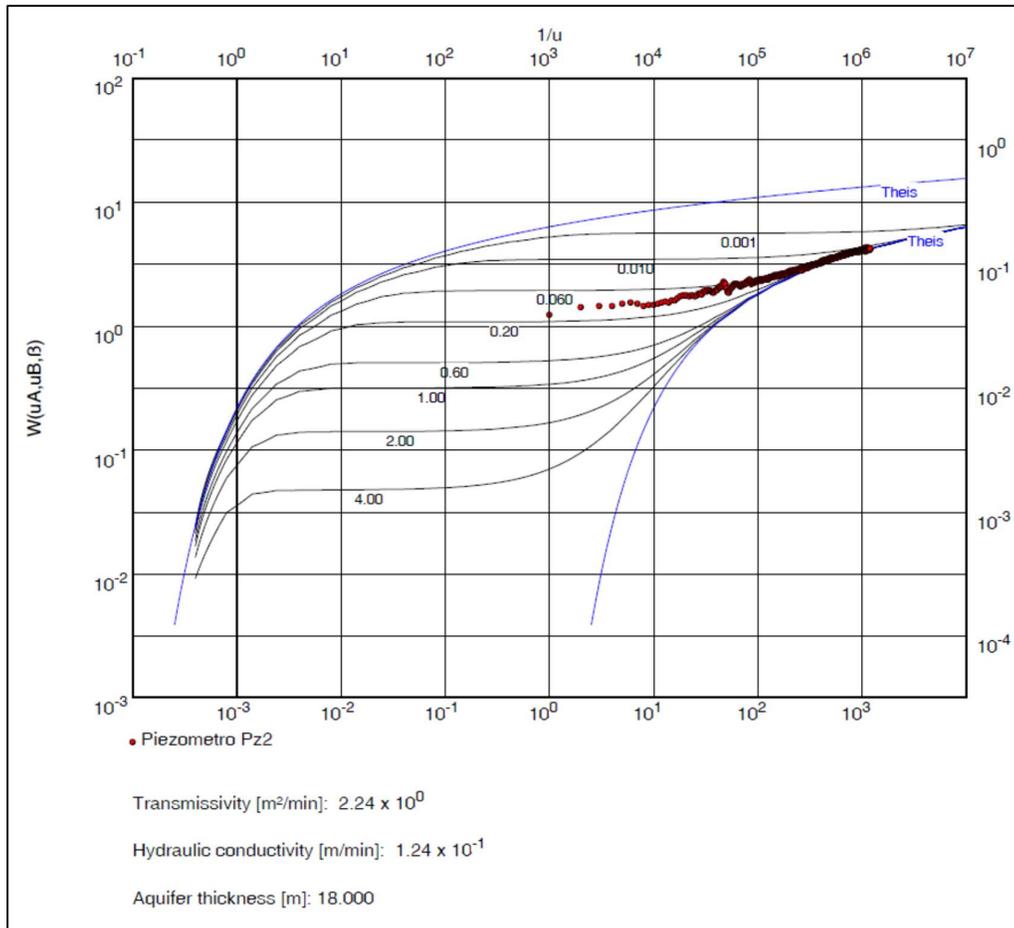


Figura 67 - Curva di abbassamento del piezometro PZ2 nella prova a portata costante.

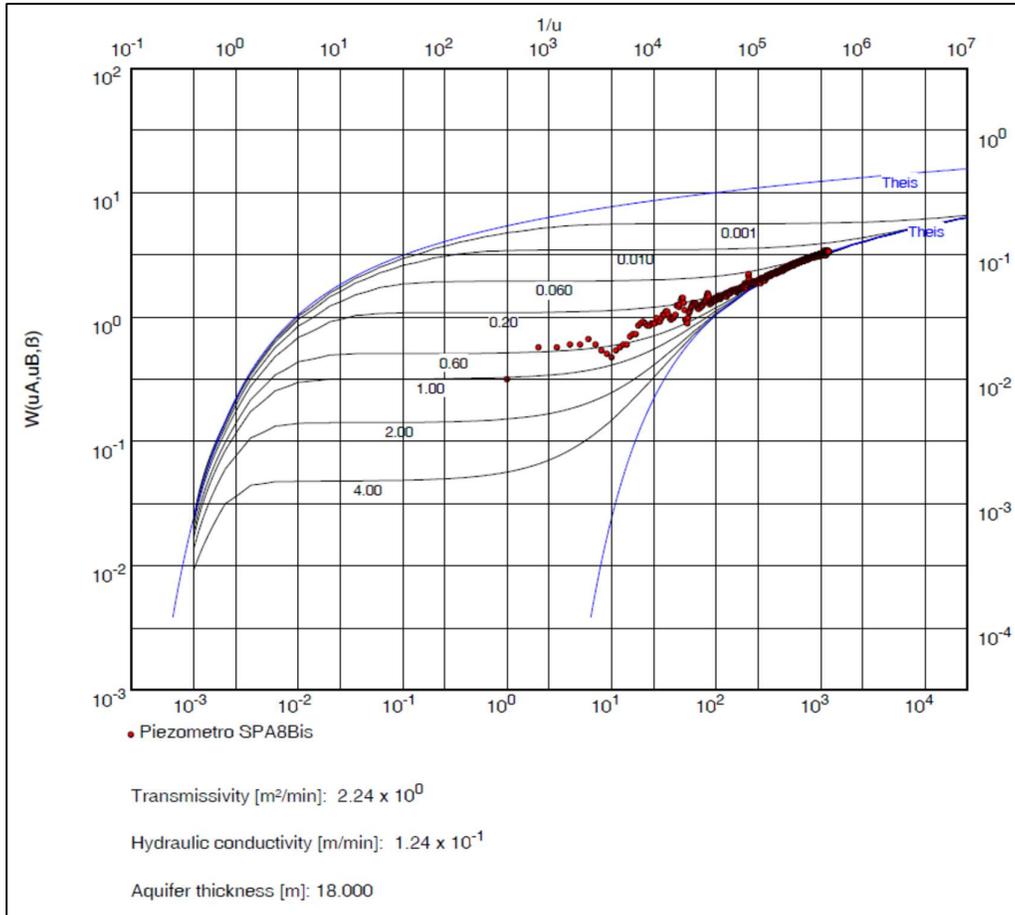


Figura 68 - Curva di abbassamento del piezometro SPA8bis nella prova a portata costante.

Con il metodo di Cooper-Jacob sono stati determinati i seguenti parametri idrogeologici:

Pozzo P2

$T = 3.5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$

$k = 1.9 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$

Piezometro PZ2

$T = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$

$k = 2.2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$

Piezometro SPA8bis

$T = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$

$k = 2.2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 196 di 234

Il coefficiente di permeabilità dell'acquifero è stato calcolato considerando l'intero spessore dell'acquifero captato, pari a circa 18 m.

Attraverso il metodo di Neuman, applicato alle curve restituite dai piezometri di controllo, si ricavano i seguenti valori di trasmissività e del coefficiente di permeabilità:

Piezometro PZ2

$$T = 3.7 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 2.1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Piezometro SPA8bis

$$T = 3.7 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 2.1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

I valori medi dei parametri idrogeologici che si ricavano dalla prova a portata costante eseguita nel pozzo P2 sono i seguenti:

$$T = 3.8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 2.1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

#### TEST DI POMPAGGIO NEL POZZO P3

##### **Prova di portata a gradini**

Prova in data: 07.12.2020

Inizio prova: ore 12:26

Livello statico all'inizio della prova: 8.60 m (da bocca pozzo)

Portata: da 2.29 a 13.50 l/s

Durata della prova: circa 6 ore 20 minuti

Questo tipo di test è stato realizzato per determinare la curva caratteristica del pozzo necessaria per dimensionare la portata da attribuire a esso durante la prova a portata costante.

Nel caso in esame il test a portata variabile è stato realizzato sottoponendo l'opera di captazione a 5 successivi incrementi di portata, da un minimo 2.9 a un massimo di 13.5 l/s misurando gli abbassamenti indicati nella Tabella 25 e in Figura 69.

GRADINO	PORTATA		Abbassamenti cm	Livello Freatimetrico (m s.l.m.m.)		
	l/sec	l/min		Inizio	Fine	Gradino
	0	0	0	36,651	36,356	1
1	2,29	228	29,5	36,356	35,523	2
2	5,17	415	112,8	35,523	34,287	3
3	7,53	577	236,4	34,287	30,158	4
4	11,02	746	649,3	30,158	24,201	5
5	13,50	920	1245,0			

Tabella 25 - Risultati prova di portata a gradini nel pozzo P3.

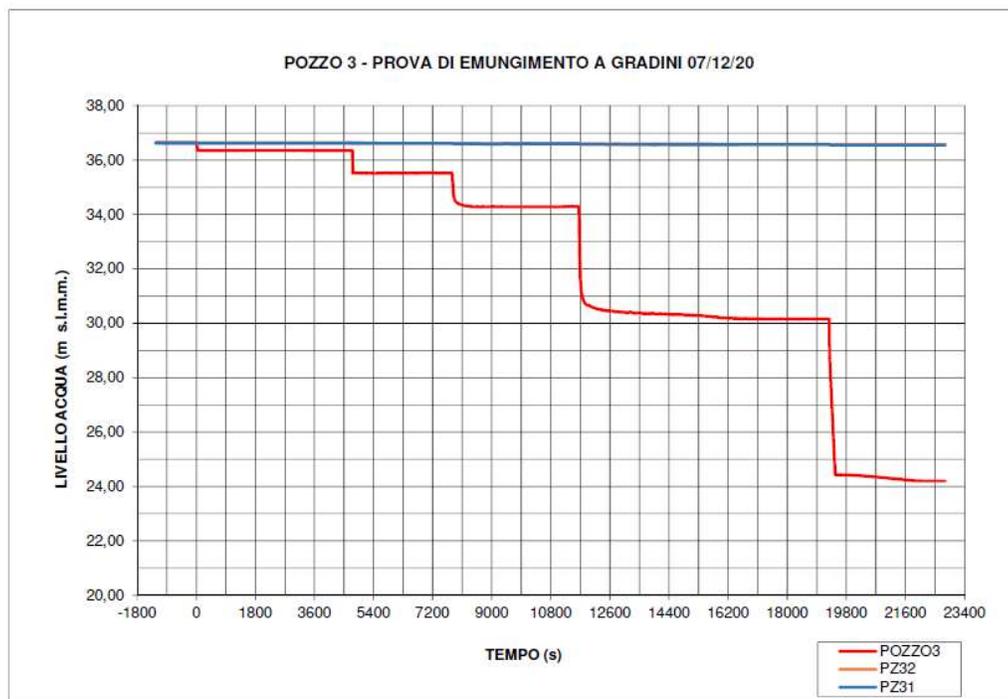


Figura 69 - Curva degli abbassamenti nella prova a gradini del pozzo P3.



Figura 70 - Curva caratteristica pozzo P3.

Sulla base della curva caratteristica del pozzo, mostrata in Figura 61, la portata di prova per il successivo test a portata costante è stata individuata in circa 9.1 l/s.

### Prova a portata costante

Prova in data: 10/12.12.2020

Inizio prova: ore 10:10

Livello statico all'inizio della prova nel pozzo P3: 8.30 m (da bocca pozzo)

Livello statico all'inizio della prova nel piezometro PZ31: 8.81 m (da bocca foro)

Livello statico all'inizio della prova nel piezometro PZ32: 9.19 m (da bocca foro)

Portata: 8.99 l/s

Durata della prova: circa 48 ore

I grafici tempo-abbassamento registrati dai datalogger installati nel pozzo e nei piezometri di controllo sono mostrati nella Figura 71 e Figura 72.

Tutte le curve hanno manifestato un andamento non lineare connesso a disturbi esterni verosimilmente connessi a spegnimenti e accensioni di pozzi nelle vicinanze. Tali disturbi non hanno tuttavia inficiato l'interpretazione della prova.

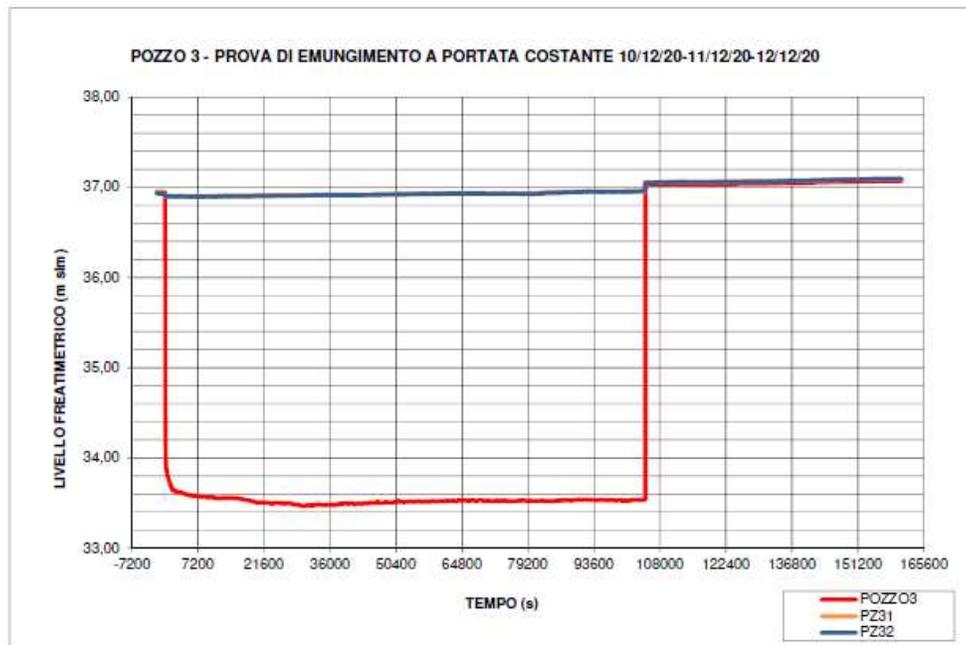


Figura 71 - Curva di abbassamento del pozzo P3 e nei piezometri PZ31 e PZ32 nella prova a portata costante.



Figura 72 - Livello piezometrico in PZ31 e PZ32 durante la prova.

Al termine del test e con la portata di prova, il pozzo ha manifestato un abbassamento di circa 3.5 m, mentre i piezometri PZ31 e PZ32, posti a distanza di 10 e 19.7 m, non hanno sostanzialmente subito variazione di livello, evidenziando un cono di depressione estremamente piatto tipico di acquiferi di alta trasmissività.

L'elaborazione dei dati è stata eseguita utilizzando il software Waterloo Hydrologic AquiferTest 10.0 con metodo di calcolo Theis con la correzione di Jacob ed ha portato alla determinazione delle grandezze di interesse per la caratterizzazione dell'acquifero freatico (Figura 73). In particolare, nell'analisi sono state fatte le seguenti assunzioni:

- Tipo di acquifero: non confinato
- Estensione dell'acquifero: limite di ricarica (vista la presenza di un corso d'acqua e delle sorgenti)
- Isotropia: presente
- Portata: costante
- Attraversamento dell'acquifero da parte del pozzo: completo.

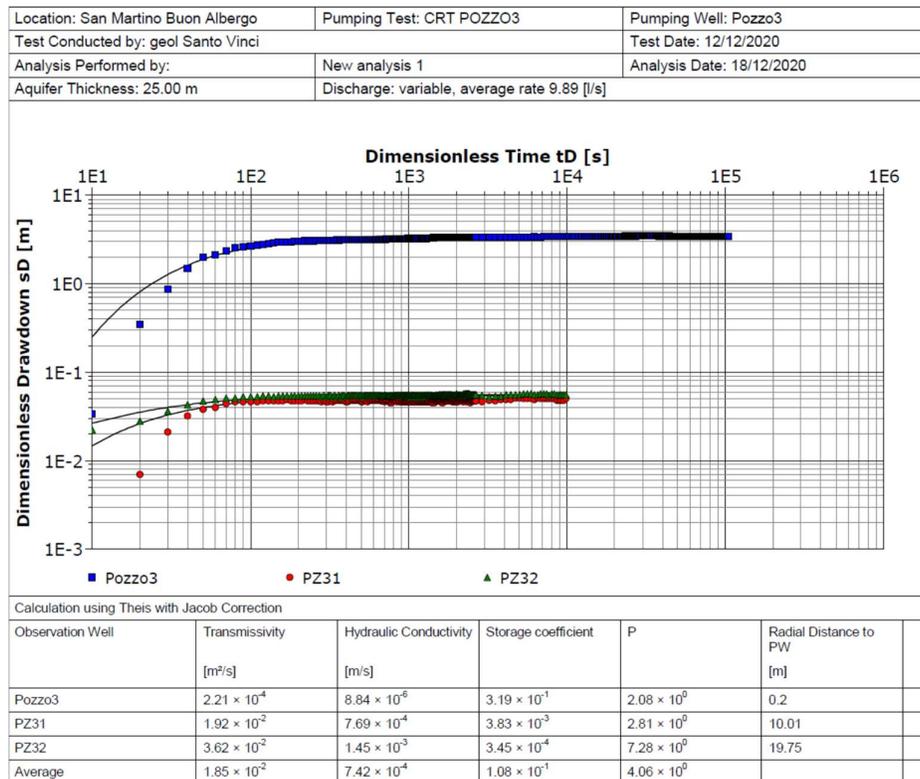


Figura 73 - Caratterizzazione dell'acquifero.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 201 di 234

#### Pozzo P3

$$T = 2.21 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 8.84 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

#### Piezometro PZ31

$$T = 1.92 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 7.69 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

#### Piezometro PZ32

$$T = 3.62 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 1.45 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Il coefficiente di permeabilità dell'acquifero è stato calcolato considerando l'intero spessore dell'acquifero captato, pari a circa 20 m.

Attraverso il metodo di Neuman, applicato alle curve restituite dai piezometri di controllo, si ricavano i seguenti valori di trasmissività e del coefficiente di permeabilità:

L'analisi critica dei dati porta ad alcune considerazioni importanti riguardanti aspetti non trascurabili sull'attendibilità e coerenza dei risultati.

La prova a gradini mostra alcune anomalie consistenti innanzitutto nella diversa durata dei singoli gradini (vedi Figura 69). La prova SDT dovrebbe essere effettuata in un pozzo di produzione messo in pompaggio per portate variabili crescenti e periodi costanti di tempo (Clark, 1977). Inoltre, sono presenti anomalie anche nella geometria delle curve che presentano andamenti talora difficilmente interpretabili e/o con locali fenomeni possibilmente legati a turbolenze e rottura di legami fisici tra particelle che influiscono sulle modalità di circolazione idrica nell'acquifero. Questo potrebbe essere legato anche al non perfetto completamento strutturale del pozzo.

La curva di risalita conseguente lo spegnimento della pompa, in particolare, non è utilizzabile per la corretta valutazione delle caratteristiche dell'acquifero, risultando praticamente priva di tratti di raccordo tra il livello dinamico e quello statico. Il raggiungimento del livello statico iniziale pressoché immediato in relazione ai tempi di prova ed il suo progressivo superamento testimoniano fenomeni di ricarica della falda non controllati, che rendono quindi vana l'analisi della curva di risalita per la valutazione dei parametri caratteristici dell'acquifero.

In queste condizioni i risultati sono affetti da evidenti incongruenze, risultando compresi entro valori estremamente variabili e tra loro non correlabili viste le distanze tra pozzo e piezometri.

Per i motivi suddetti si ritiene che i valori ricavati dall'elaborazione dei dati sui piezometri, possano rappresentare più fedelmente il comportamento medio dell'acquifero che pertanto è possibile valutare con valori di mediato di  $k=10^{-3}$  m/s.

Nonostante l'esistenza di software dedicati per il calcolo del raggio di influenza, si è comunque preferito procedere utilizzare la relazione di Sichardt e Kyrieleis (1930) sopra descritta, dato che un approccio analitico

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 202 di 234

avrebbe potuto essere utilizzato con successo se la curva di risalita lo avesse permesso. Infatti, la determinazione del raggio di influenza tramite software quali AquiferTest 10.0 in questo contesto idrogeologico sarebbe stata eseguita applicando l'equazione di Cooper Jacob per la discesa e quella di Theis per la risalita. Il software, dopo aver calcolato i parametri di T, K ed S (derivanti dal fitting della retta abbassamenti – tempi), avrebbe proceduto alla creazione del cono di emungimento all'equilibrio, la cui estensione sarà pari al raggio di influenza. Tuttavia, la formula empirica di Sichardt e Kyrieleis (1930) fornisce un risultato generalmente accettabile, che è pari a 284.8 m, utilizzando il valore medio di  $k = 7.42E-04$  m/s e la costante empirica  $C = 3000$  come valore tipico dei pozzi singoli.

La valutazione complessiva dei risultati delle campagne di indagine porta alle seguenti considerazioni conclusive:

- Le prove Lefranc effettuate a diverse profondità restituiscono valori di conducibilità idraulica molto generalmente basso, fino ad un ordine di grandezza. La variabilità si manifesta per la LITAZONA 1 con valori compresi tra un minimo di  $4.26 \cdot 10^{-5}$  m/s ed un massimo di  $1.18 \cdot 10^{-2}$  m/s e per la LITAZONA 2 da  $3.39 \cdot 10^{-6}$  m/s a  $9.62 \cdot 10^{-3}$  m/s. La LITAZONA 3 è quella che risente delle minori variabilità attestandosi tra  $10^{-6}$  e  $10^{-7}$  m/s;
- Le prove di pompaggio forniscono valori di coefficiente di permeabilità per l'intera colonna interessata dalla prova e costituita dalla LITAZONA 1 e LITAZONA 2. Anche in questo caso i valori appaiono piuttosto dispersi, compresi tra  $8.84 \cdot 10^{-5}$  m/s e  $2.2 \cdot 10^{-3}$  m/s. In questo caso è possibile fare alcune considerazioni qualitative sull'andamento delle prove. La forma delle curve di portata/abbassamenti sono caratteristiche di acquiferi ad elevata trasmissività ed anche il comportamento dei piezometri di controllo è in linea con questa interpretazione. La curva di risalita al termine della prova di lunga durata non è utilizzabile in modo affidabile perché non presenta tratti di raccordo, pertanto i valori più bassi di coefficiente di permeabilità sono da considerarsi scarsamente affidabili.

La scelta cautelativa che deriva dall'analisi dei dati porta ad ipotizzare una permeabilità media della LITAZONA 1 compresa nell'intorno di  $2 \cdot 10^{-3}$  m/s mentre per la LITAZONA 2 tale valore potrà scendere a valori di  $5 \cdot 10^{-4}$  m/s con possibilità di variazioni accentuate sia verso il basso che verso l'alto, fino a  $10^{-3}$  m/s come documentato in alcune prove Lefranc. Mediamente l'acquifero interessato dalla galleria, costituito dalle due litozone, potrà presentare coefficienti di permeabilità intermedi in virtù degli spessori attraversati. Tuttavia, è bene considerare che l'ambiente fluvio-glaciale con alvei multicanale possono andare incontro a locali e improvvise variazioni nelle caratteristiche litologiche del sedimento e, di conseguenza, nella risposta idrogeologica dell'acquifero, pertanto si ritiene necessario adottare tutte le misure di cautela possibile.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 203 di 234

## 5.2.8 LE RISORGIVE DEGLI ORTI DELLA CHIESA BENEDETTINA DI SAN MARTINO BUONALBERGO

### 5.2.8.1 DESCRIZIONE DEL CONTESTO E CARATTERISTICHE DELLE RISORGIVE

Il tratto di linea compreso tra il km 0+766,68 ed il km 1+975,00 si sviluppa in affiancamento alla linea ferroviaria storica e, come questa, definisce il margine di un'ampia area di esondazione in sinistra del Fiume Adige. Si tratta, in pratica, di un'area corrispondente alla piana alluvionale olocenica del Fiume Adige, attestata a quote comprese fra 45-46 m s.m. naturalmente depressa rispetto al territorio urbanizzato, a quote maggiori, dell'ordine di 53-54 m s.m., che si sviluppa sul terrazzo wurmiano ed è confinato a Sud dalla linea storica (Figura 74).



Figura 74 - Il conoide fluvioglaciale dell'Adige è separato dal piano di divagazione olocenico del fiume tramite una scarpata di erosione fluviale. Questa fase di erosione è stata prodotta dalle divagazioni oloceniche del fiume Adige che ha eroso i sedimenti depositati dall'Adige stesso nelle fasi pleistoceniche fluvioglaciali. Alla base del terrazzo affiora in risorgiva la falda freatica

Di conseguenza, in occasione di eventi di piena con tempi di ritorno anche trentennali quest'area si comporta come una naturale cassa di espansione dei deflussi. Ai fini della progettazione delle opere qui in esame, si considera, in particolare, che in occasione di una piena con tempo di ritorno  $Tr = 200$  anni il livello idrico possa innalzarsi sino alla quota di 48,50 m s.m., con una sommersione del piano di campagna in destra linea di 2.5-3.0 m circa. Tale sommersione si riduce ad 1 m in occasione delle piene con  $Tr = 30$  anni.

All'interno di questo tratto di linea lungo 1200 m circa, le due sedi ferroviarie, quella storica e la nuova AC, interessano una porzione di territorio caratterizzata dalla presenza di emergenze idriche sul piano campagna corrispondenti ad una linea di importanti risorgive. Qui le emergenze idriche si manifestano in punti

localizzati, come nel caso della Fontana delle Monache, o con la presenza di sottili veli d'acqua in aree debolmente depresse e di limitata estensione. Le manifestazioni idriche vengono a giorno a ridosso della linea storica, che segna il limite del salto di quota tra l'area urbanizzata a Nord (53-54 m s.m., terrazzo della conoide wurmiana) e quella agricola a Sud (45-46 m s.m., piana alluvionale olocenica del Fiume Adige); sul piano di campagna l'acqua defluisce lentamente verso l'incisione del Fiume Adige.

La morfologia della tratta interessata è sub-pianeggiante, leggermente degradante verso Sud-Est, con pendenza media dello 0.25%, tipica della pianura alluvionale di cui fa parte.

Lungo la tratta possono essere riconosciute, tra le forme di denudazione e le forme di accumulo, le seguenti principali unità geomorfologiche (Figura 75):

Forme di denudazione

(a) terrazzo morfologico della conoide atesina – (FgW) Diluvium recente;

(b) bordo di scarpata di erosione glaciale/postglaciale - scarpata di delimitazione tra il terrazzo della conoide antica e il terrazzo del Diluvium tardivo (FgWt) e delle alluvioni antiche e attuali del Fiume Adige

Forme di accumulo

(c) unità di depositi mobili dell'alveo fluviale dell'Adige (terrazzo delle alluvioni antiche e attuali del F. Adige);

(d) unità del Diluvium tardivo (FgWt) - fascia fluviale depressa e zone a deflusso difficoltoso.

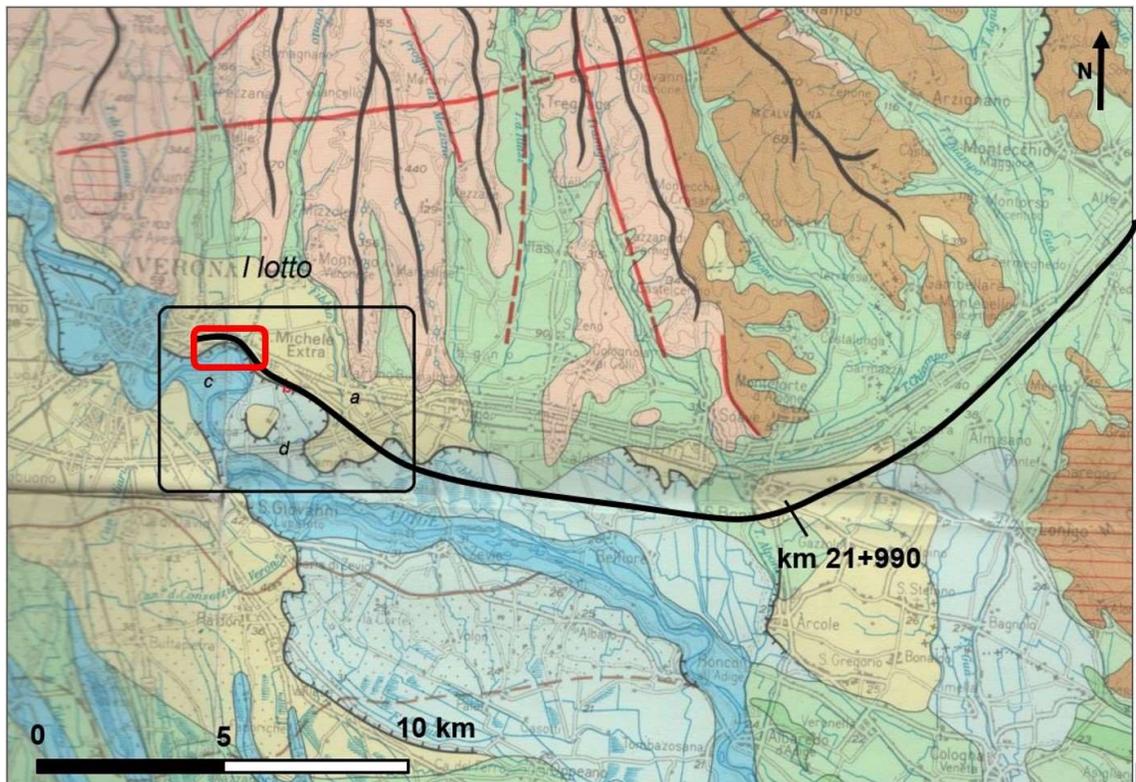
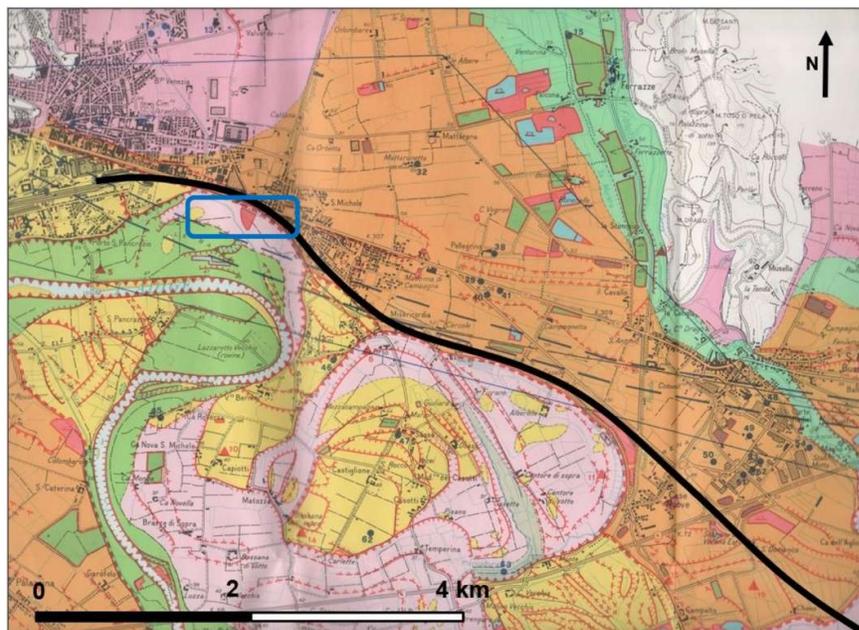


Figura 75 - Carta delle Unità Geomorfologiche (Da Regione Veneto). In rosso l'area degli "Orti della Chiesa Benedettina". Per le sigle delle unità geomorfologiche (a)-(b)-(c)-(d) si veda il testo.

Da un punto di vista altimetrico il terrazzo delle alluvioni attuali e del Diluvium tardivo del F. Adige sono ribassati di circa 10 m rispetto al terrazzo della conoide antica (Diluvium recente) e interessati dalla presenza di evidenti tracce di paleo alvei dell'Adige attualmente occupati da idrografia secondaria, perlopiù connessa al reticolo irriguo del settore, anche alimentata da sorgenti di terrazzo (come nel caso dell'area in oggetto) che determinano lo sfioro delle acque di prima falda alla base della scarpata morfologica che separa le diverse unità morfostratigrafiche.

Dalla carta geomorfologica in scala 1:25.000 di L. Sorbini & al. (1984, Figura 76) si osservano con maggior dettaglio le forme precedentemente descritte in particolare la presenza degli orli di terrazzo e il piano di divagazione dell'Adige nonché gli orli di terrazzo e i limiti di dosso



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 206 di 234</p>

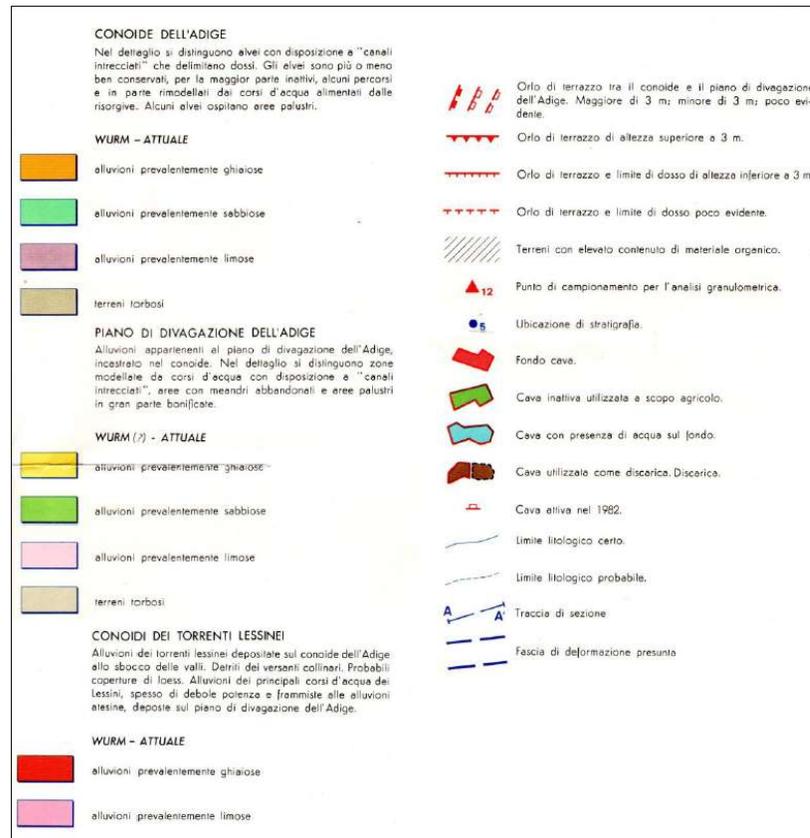


Figura 76 - Geomorfologia dell'area in studio con relativa legenda (Da L. Sorbini & al., 1984). In blu l'area degli "Orti della Chiesa Benedettina".

Nell'area in oggetto i terreni attraversati appartengono pertanto alla conoide wurmiana e alla piana di divagazione dell'Adige.

I depositi ghiaiosi della conoide dell'Adige bordano il limite settentrionale dell'area e costituiscono la parte topograficamente più elevata del terrazzo morfologico, mentre le alluvioni recenti prevalentemente sabbiose e limoso sabbiose bordano la piana dell'Adige.

Alcune informazioni circa la litologia di superficie per la tratta di interesse possono essere desunte anche dalla carta litologica riportata nel P.A.T. del Comune di Verona (stralcio in Figura 77), dalla quale si osserva che in corrispondenza dell'area degli "Orti della Chiesa Benedettina" i depositi superficiali sono classificati come "materiali alluvionali, fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente sabbiosa".

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 207 di 234</p>

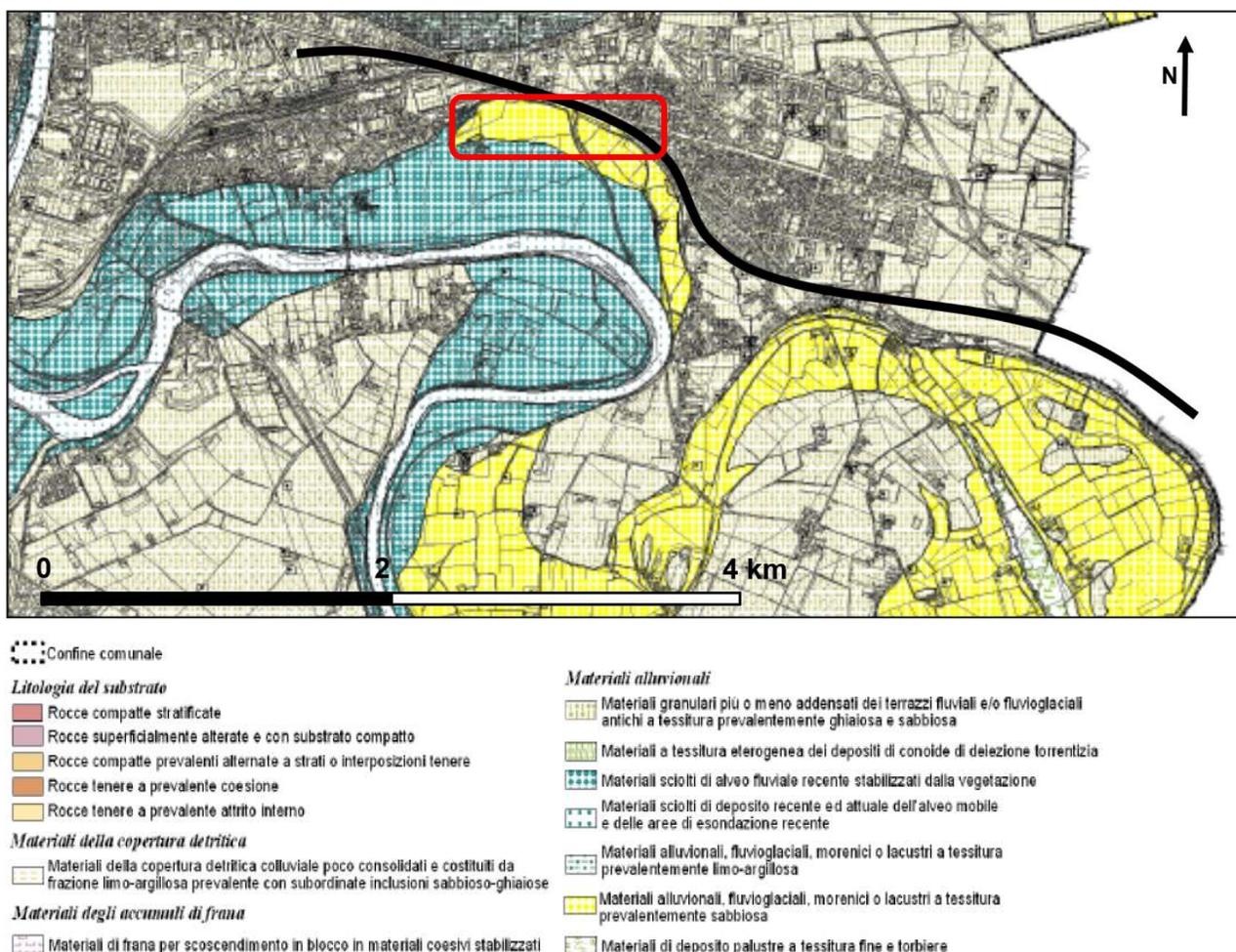


Figura 77 - Carta geologica del Comune di Verona in scala 1:15.000 (Da: PAT, 2007). In rosso l'area degli "Orti della Chiesa Benedettina".

In Figura 78 sono evidenziate le caratteristiche litologiche del sottosuolo nel tratto di interesse attraverso una sezione geologica tracciata tra i sondaggi SP1bis, BH-PE-02, BH-PZ-PE-03 e SPA2, ubicati al passaggio tra le due unità geomorfologiche e sulla piana alluvionale dell'Adige, che mostra la presenza di una prima litozona (colore verde) costituita da alluvioni a prevalenza limoso sabbiosa e sabbioso limosa passante lateralmente e verso il basso a ghiaie con matrice sabbiosa e lenti di sabbie e limi, soprastante a un livello limoso - argilloso dello spessore di 2-3 m a sua volta sovrapposto a ulteriori sedimenti a prevalenza ghiaioso sabbiosa.

Tale litozona, in virtù delle caratteristiche litologiche e della posizione stratigrafica e morfologica, è da associarsi al sedimento di una porzione riparata di piana alluvionale, dove il deflusso delle acque

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 208 di 234</p>

avviene in condizioni di bassa energia, con ristagni frequentit che portano alla sedimentazione di materiale più fine rispetto alle aree circostanti.

Caratteristiche simili sono state rilevate dai piezometri PZA e PZB, i quali, essendo stati perforati al di sopra del terrazzo wurmiano, sopraelevato di circa 10 m rispetto a quello più recente, hanno attraversato uno spessore superiore della litozona ghiaioso - sabbiosa, pari a circa 23-24 m, prima di incontrare i livelli limoso - argillosi di separazione tra la prima falda libera e quella sottostante a carattere semi-confinato.

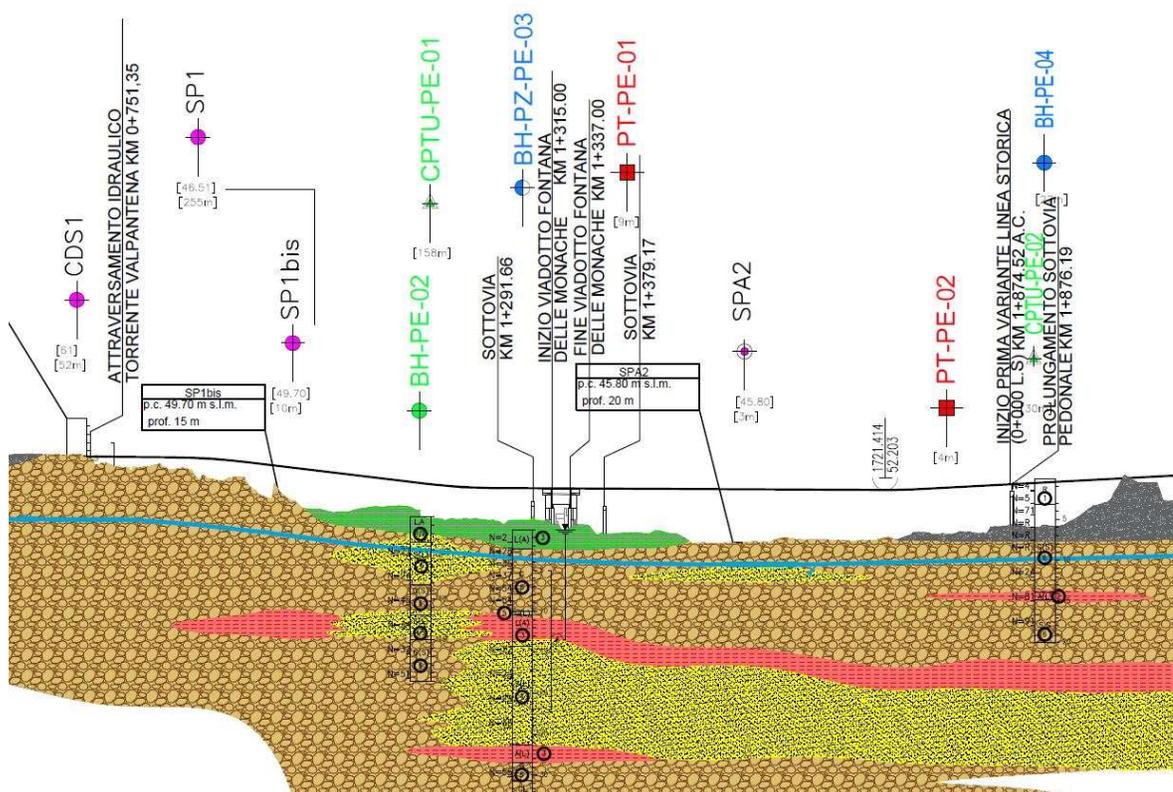


Figura 78 - Sezione geologica del tratto interessato dalla presenza delle risorgive Orti.

Le condizioni locali geomorfologiche e geologiche favoriscono la formazione di risorgive di terrazzo o di affioramento, il cui schema è rappresentato in forma molto semplificata in Figura 79.

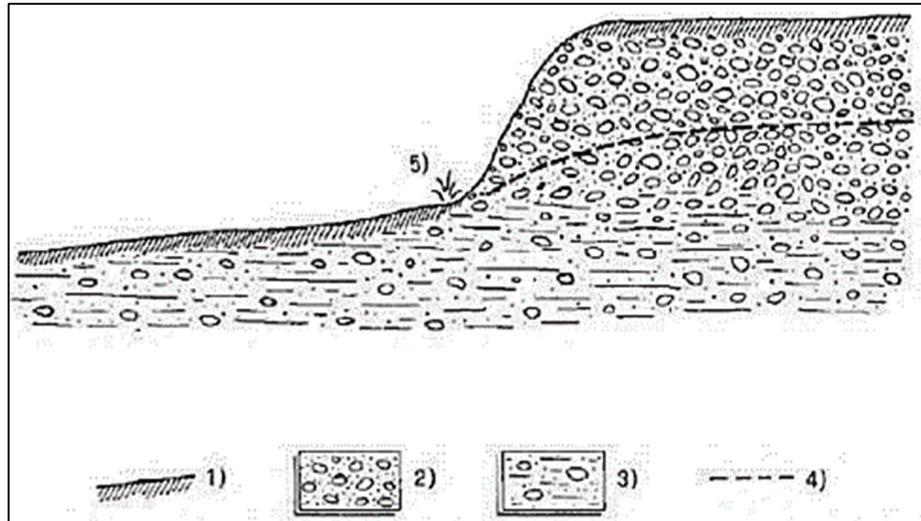


Figura 79 - Schema semplificato delle modalità di emergenza di una risorgiva di terrazzo. 1. Strato pedogenizzato; 2. Ghiaie a matrice sabbiosa; 3. Ghiaie a matrice sabbioso-limosa; 4. livello freatico; 5 emergenza.

In corrispondenza della località degli “Orti della Chiesa Benedettina”, nella tratta compresa tra le progressive chilometriche 1+125 e 1+600, si trova infatti un’area privata entro la quale è stata osservata la presenza di quattro risorgive (Figura 80), 3 delle quali andranno ad interferire con il tracciato della linea AV in progetto.



Figura 80 – Ubicazione delle risorgive degli Orti della Chiesa Benedettina.

Tale area si estende parallelamente al bastione murario ferroviario esistente (costruito per sostenere la ferrovia realizzata a ridosso del terrazzo morfologico inciso dal paleo alveo dell'Adige) per una lunghezza di circa 400 m e una larghezza di circa 20 m.

Le acque delle risorgive confluiscono in un fosso privato, detto "scolo Orti", che delimita la proprietà ecclesiastica e la proprietà Bighignoli.

Lo "scolo Orti" ha origine in corrispondenza di una prima risorgiva (risorgiva 4, non interessata dalla linea AV) e scorre poi per un tratto parallelamente alla scarpata morfologica. Dopo circa 400 m curva nettamente in direzione Sud e mantiene il suo corso all'interno della proprietà Bighignoli per circa 1 km, fino a confluire nel Fiume Adige (Figura 81).



Figura 81 - Tracciato dello Scolò Orti.

L'alveo del fosso ha sezioni molto variabili, con ampiezza dell'ordine di alcuni metri ed un battente d'acqua (al momento del sopralluogo eseguito nell'ambito del PD in data 06.05.2016) dell'ordine di 25÷30 cm.

Non è possibile fornire una stima esatta della portata complessiva delle risorgive per l'oggettiva mancanza di dati. Gli unici dati disponibili si riferiscono alle misure effettuate in sito nel corso del Progetto Definitivo. Ove possibile, è stata effettuata una misura della portata delle risorgive mediante un galleggiante di cui è stata calcolata la velocità di movimento entro un tratto di alveo con lunghezza e sezione noti. Dai valori medi ottenuti da diverse misurazioni è stata stimata la portata della risorgiva.

Con le approssimazioni del metodo è stata misurata sulla Risorgiva 1 la portata di 16-17 l/s e sulla Risorgiva 2 la portata di 35 l/s. Per la Risorgiva 3 la stima non è stata possibile trattandosi di un'emergenza segnalata all'interno dell'alveo del fosso degli orti per la quale è incerta anche l'ubicazione. La portata complessiva delle risorgive in questo tratto è stata stimata di 150 l/s sempre secondo valutazioni del Progetto Definitivo.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche delle 3 risorgive interferenti con la linea di progetto.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 212 di 234

### Risorgiva 1

La prima risorgiva, denominata “Fontanella delle monache”, è posta in corrispondenza della progressiva chilometrica 1+324, e deve il nome alla presenza del monastero benedettino di San Michele. Già sfruttata in epoca medievale, risulta attualmente incorporata in una struttura in pietra e muratura con una vasca a pianta semi-triangolare costruita nel 1660 (Figura 82, Figura 83).

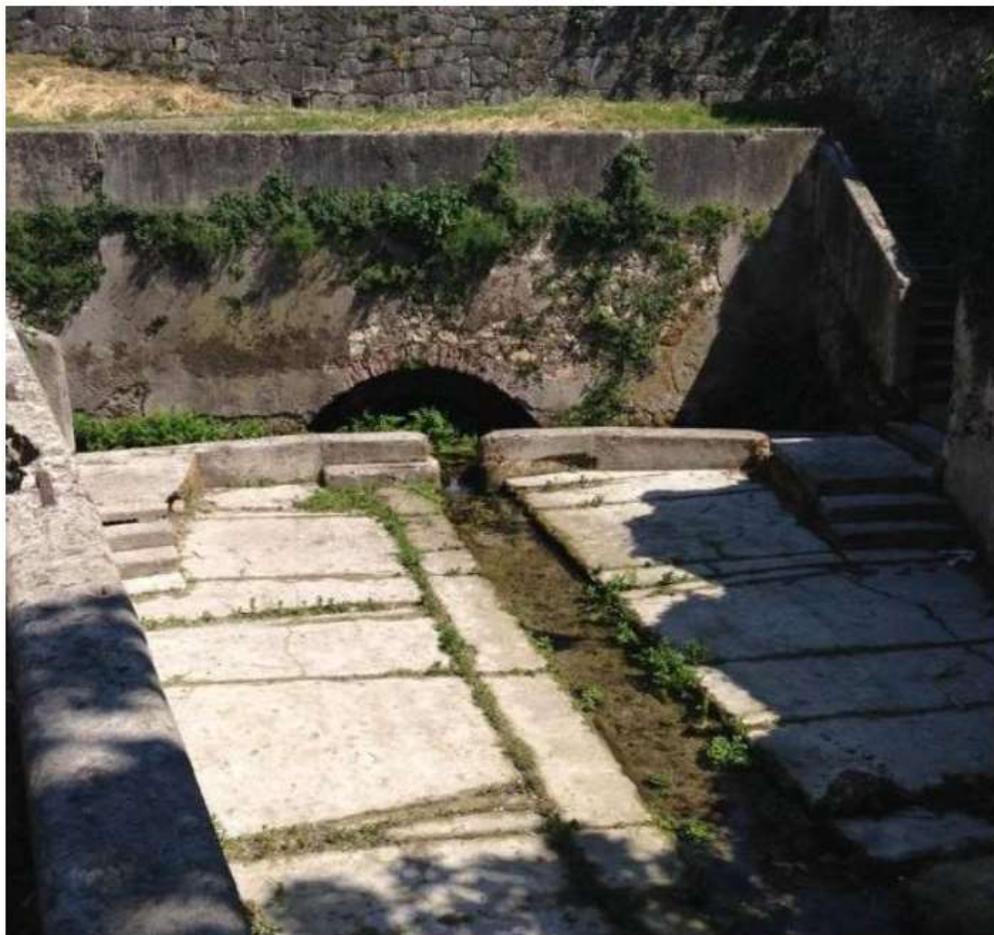


Figura 82 - “Fontanella delle monache”: sezione di ingresso delle acque di risorgiva.

GENERAL CONTRACTOR

Consorzio IricAV Due

ALTA SORVEGLIANZA

 **ITALFERR**  
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto  
IN17

Lotto  
10

Codifica  
EI2RHGE0000003C

Foglio  
213 di 234



Figura 83 - "Fontanella delle monache": vasca a pianta semi-triangolare e sezione di uscita.

L'acqua in uscita dalla sorgente viene convogliata in un piccolo canale che ne permette lo scarico nello "scolo Orti" (Figura 84).

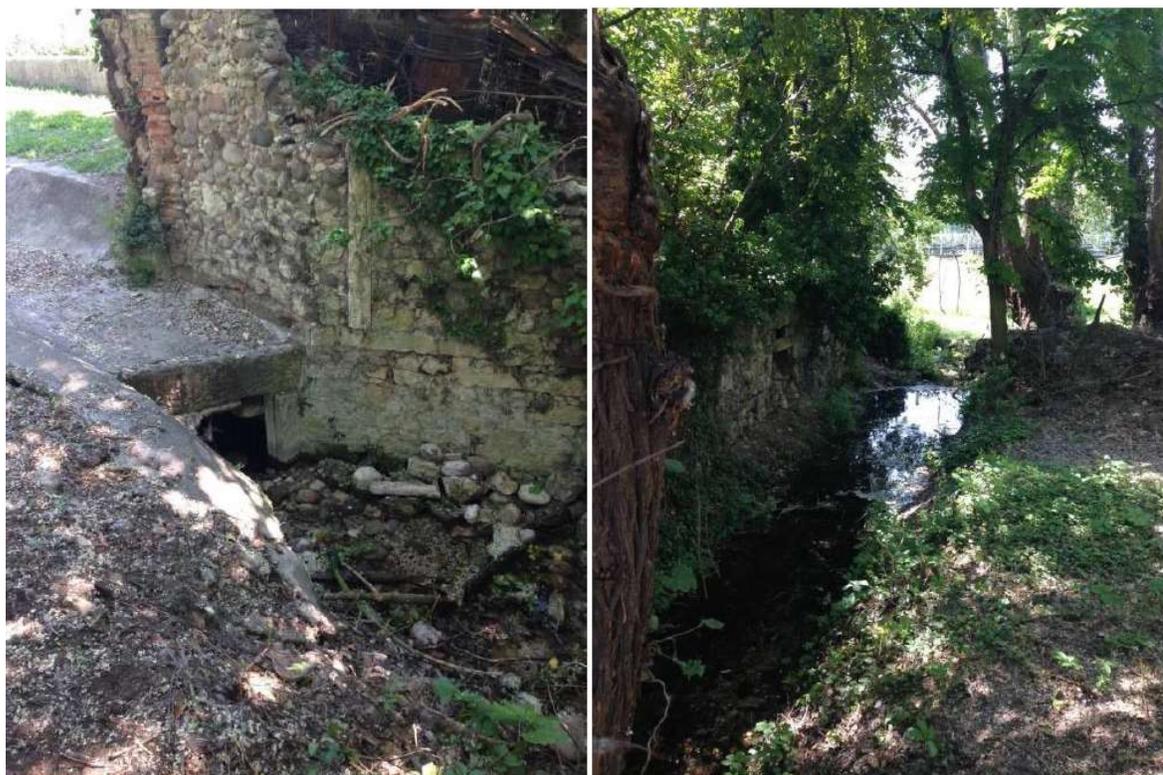


Figura 84 - "Fontanella delle monache": canalizzazione in uscita dalla vasca verso il vicino "scolo Orti".

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 214 di 234

La portata stimata della risorgiva, calcolata in un tratto del piccolo canale presente sul fondo della vasca, è di circa 16÷17 l/s (6 maggio 2016).

### **Risorgiva 2**

La risorgiva 2 è denominata “risorgiva del mulino”, è posta in corrispondenza della progressiva chilometrica 1+474 e si trova all’interno di un rudere (probabilmente un mulino); è canalizzata e convogliata entro una serie di vasche prima di sfociare anch’essa nello “scolo Orti”.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RHGE0000003C

Foglio

215 di 234

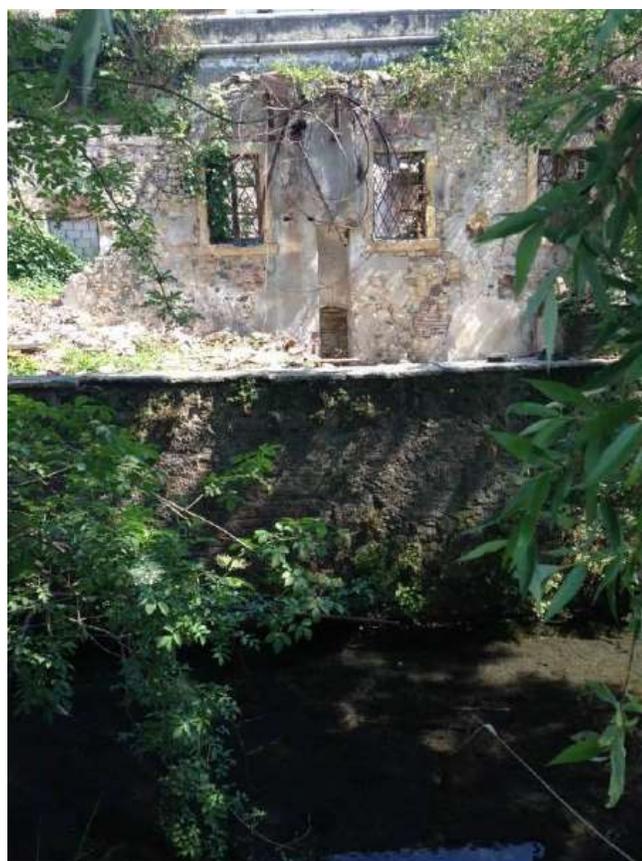


Figura 85 – Risorgiva “Mulino”: panoramica e sezione in uscita nello “scolo Orti”.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 216 di 234



Figura 86 – Risorgiva “Mulino”: sezione di ingresso delle acque di risorgiva.

Le misure effettuate con il metodo del galleggiante su questa risorgiva ha permesso di stimare la portata in 35 l/s.

### **Risorgiva 3**

La posizione della terza risorgiva è stata solamente ipotizzata in corrispondenza di un punto sulla sponda sinistra dell'alveo della “Fossa Morandina”, all'altezza della progressiva chilometrica 1+525, in quanto al momento del rilievo (6 maggio 2016) non è stata individuata alcuna venuta d'acqua.

L'ubicazione è stata ipotizzata sulla base della presenza entro l'alveo dello “scolo Orti” di una zona priva di sedimento fine limoso sul fondo. Questo potrebbe infatti essere stato dilavato dall'azione dell'acqua corrente uscente dalla risorgiva.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 217 di 234



Figura 87 - Ubicazione presunta della Risorgiva 3.

Su questa risorgiva non è stato possibile effettuare misure di portata.

La fascia delle risorgive rientra nel territorio classificato tra le invariati nel PAT del comune i San Martino Buon Albergo è inserita tra le invariati geologiche nel Piano di Assetto Territoriale comunale (Figura 88).

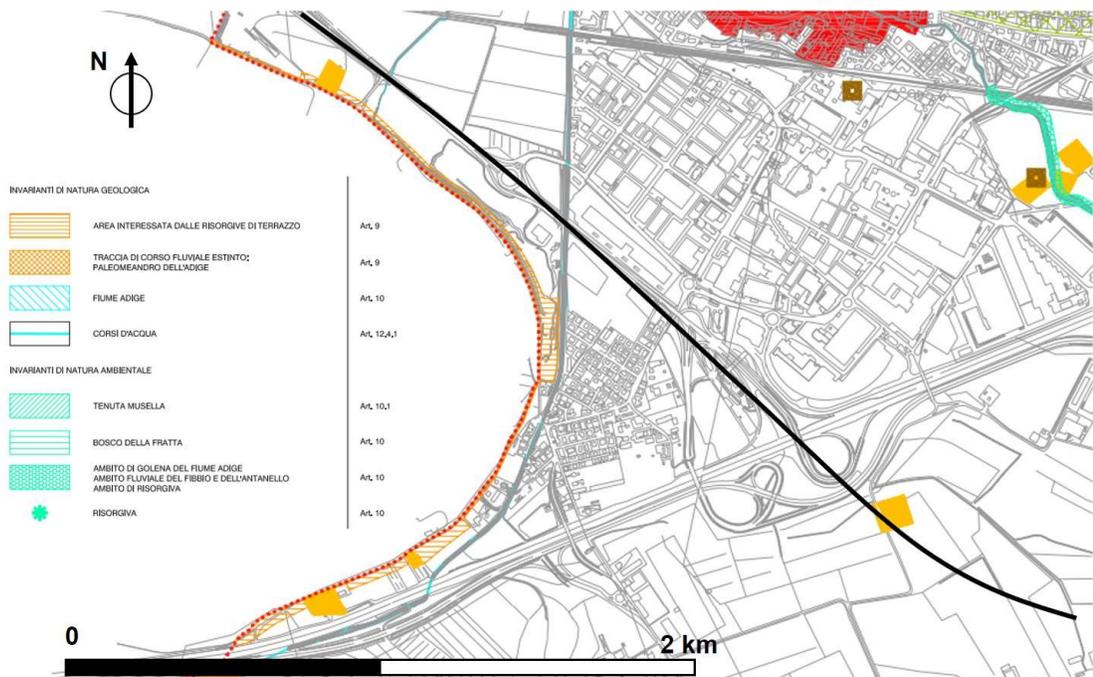


Figura 88 - Carta delle invarianti, PAT Comune San Martino Buonalbergo.

### 5.2.8.2 POSSIBILI EFFETTI DELL'INTERFERENZA DELLE RISORGIVE CON LE PIENE DEL FIUME ADIGE.

Lo scenario di interazione e degli effetti combinati delle piene dell'Adige con la presenza della fascia delle risorgive porta ad individuare l'innalzamento della piezometrica secondo un comportamento regolato dal livello e gradiente idraulico della falda stessa a monte delle risorgive nel corso dell'evento di piena, dalla conducibilità orizzontale dei terreni e dal livello e tempo di permanenza della piena dell'Adige nella piana di esondazione.

Potranno verificarsi, pertanto, fenomeni di riflusso idraulico che portano il livello della falda in corrispondenza e a monte delle risorgive a coincidere con il livello della piena stessa, secondo tempi di riequilibrio dei livelli idrici dettati dalla permeabilità orizzontale dei terreni affioranti sul fronte del terrazzo wurmiano.

Nell'ipotesi di un evento di piena con persistenza sufficiente, si deve pertanto modellare la falda immediatamente a monte delle risorgive sul battente idraulico della piena di riferimento.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 219 di 234

### 5.2.9 STIMA DEGLI EFFETTI SULLA FALDA INDOTTI DALLA GALLERIA ARTIFICIALE

Ai fini di fornire una valutazione preliminare degli impatti indotti dalla galleria artificiale di S. Martino Buon Albergo e dalle opere complementari alla sua realizzazione, durante la fase di Progetto Definitivo è stato implementato un modello numerico di flusso delle acque sotterranee.

Più in particolare tale strumento è stato finalizzato alla valutazione delle potenziali interferenze tra opera e falda che potrebbero determinare effetti negativi sulle infrastrutture sotterranee circostanti o sulla medesima opera, che, come già evidenziato, possono essere ricondotte all'innalzamento del livello freatico indotto dalle diaframature sul lato sopragradiente dell'opera e dal contestuale abbassamento in quello sottogradiente e alla modifica nella direzione del flusso idrico sotterraneo, oltre che alla progettazione delle opere di impermeabilizzazione con jet-grouting, da realizzare sia alla base della galleria sia alla base dei diaframmi. In base alle indicazioni progettuali, i diaframmi presenteranno profondità tali da sbarrare parzialmente la prima falda, fino a una profondità massima di 20 m, all'incirca tra le chilometriche 5+350 e 5+900, e una interferenza progressivamente decrescente spostandosi verso le due estremità dell'opera.

Nell'ambito della modellazione sono stati anche valutati i diaframmi realizzati a sostegno dei manufatti a U da realizzare presso gli imbocchi (chilometriche da 4+300 a 4+900 e da 6+850 a 7+200).

La modellazione in oggetto, finalizzata al solo dimensionamento dell'entità del problema, potrà essere eventualmente integrata con ulteriori indagini volte a una migliore definizione delle caratteristiche idrogeologiche del sito (direzione locale della piezometria e definizione locale dei parametri idrogeologici dell'acquifero) e all'implementazione di un modello numerico di maggiore dettaglio sito-specifico.

In base allo stato attuale delle conoscenze, le condizioni al contorno che sono state assunte per l'implementazione del modello numerico sono le seguenti:

- una direzione di flusso ipotizzata sia ortogonale ai diaframmi (scenario 1 – ipotesi conservativa), sia incidente con un angolo di 45° (scenario 2 – condizione prossima a quella reale);
- un gradiente idraulico analogo a quello ricostruito in base alle rilevazioni piezometriche disponibili;
- una ricostruzione sostanzialmente fedele dell'andamento in profondità delle opere di diaframmatatura;
- una profondità dal p.c. del livello di argille di separazione tra prima e seconda falda considerata costante e uguale alla minima profondità (condizione conservativa) riscontrata dai carotaggi sinora eseguiti;
- una quota di falda prossima a quella ipotizzata a medio termine;
- valori di conducibilità idraulica dell'acquifero omogenei sull'intero areale modellato, rappresentativi di litologie a predominanza sabbiosa (condizione conservativa).

Sulla base delle suddette condizioni sono state effettuate 2 simulazioni che hanno previsto la valutazione degli innalzamenti della falda nel lato sopragradiente e degli abbassamenti in quello sottogradiente, oltre che della portata di falda transitante nel tratto che sarà interessato dalla presenza dei diaframmi, con direzione di falda sia ortogonale sia incidente a 45° rispetto ai diaframmi.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 220 di 234

### 5.2.9.1 LIMITAZIONI DELLA MODELLAZIONE

I risultati restituiti dalla modellazione in oggetto (condotta durante la fase di Progetto Definitivo) presentano alcune limitazioni connesse alle conoscenze idrogeologiche del sito disponibili all'epoca e in particolare alla scarsa conoscenza dei principali parametri idrogeologici dell'acquifero e delle precise caratteristiche morfologiche della superficie piezometrica.

L'assenza, al momento della implementazione del modello numerico, di dati sito-specifici di conducibilità idraulica e trasmissività ricavati attraverso prove di pompaggio, aveva imposto di operare con valori omogenei e ricavati da dati bibliografici o da esperienze condotte in analoghe condizioni litologiche. A tale riguardo non si sono ritenuti utilizzabili i valori forniti dalle prove Lefranc, poiché affetti da marcata sottostima. Le prove di pompaggio eseguite successivamente nell'ambito delle indagini integrative del Progetto Esecutivo hanno comunque sostanzialmente confermato l'ordine di grandezza delle stime di trasmissività e permeabilità operate durante il Progetto Definitivo, per cui il modello numerico a suo tempo sviluppato è da ritenersi tuttora valido per una stima generale dell'entità del problema.

Anche le caratteristiche morfologiche della falda sono, allo stato delle conoscenze, ricavate da carte piezometriche ricostruite su scala vasta, vale a dire con reti di monitoraggio che potrebbero risultare inadeguate per l'individuazione di anomalie locali nella direzione di flusso e nel gradiente idraulico.

Non si possono infatti escludere deviazioni locali del flusso idrico sotterraneo, a esempio connesse alla distorsione che può essere indotta dalle sorgenti di terrazzo presenti in vicinanza della tratta interessata dall'opera.

### 5.2.9.2 STRUTTURA DEL MODELLO NUMERICO DI FLUSSO

I risultati restituiti dalla modellazione eseguita con modello numerico di flusso 3D sono utili per la valutazione degli effetti indotti dall'opera.

Per la ricostruzione del campo di moto della falda si è fatto ricorso al programma GroundWater Vistas 5, sviluppato da ESI International, che utilizza il codice di calcolo alle differenze finite "MODFLOW" del Servizio Geologico degli Stati Uniti (Modular Three Dimensional Finite Difference Ground-Water Flow Model, di McDonald M.G., Harbaugh A. W., 1988).

Sulla base della disponibilità dei dati idrogeologici al contorno dell'area di studio, raccolti in fase di Progetto Preliminare e Definitivo, il modello numerico di flusso delle acque sotterranee è stato esteso a un intorno significativo dell'area occupata dalla galleria.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 221 di 234

### Dominio dell'area di studio e sua discretizzazione

Come visibile in Figura 89, l'area modellata è stata dimensionata mantenendo al centro del dominio di simulazione del flusso il tratto del tracciato ferroviario interessato dalla galleria artificiale.

Tale dominio è stato mantenuto piuttosto ampio, in modo che le condizioni ai limiti del modello non interferissero con le sollecitazioni indotte dall'opera stessa.

Il territorio interessato dal modello matematico risulta avere quindi un'estensione di 13.5 km<sup>2</sup>; i limiti individuati sono riportati nella Tabella 26.

Il dominio è stato suddiviso orizzontalmente utilizzando una griglia composta da 379 righe e da 1224 colonne, per un totale di 463896 celle (per ciascun layer).

- Le righe e le colonne sono state infittite nell'area nella quale si trova la galleria artificiale, in modo da avere in questa zona celle quadrate di 2.5 x 2.5 m (Figura 90); alle celle situate nelle aree più esterne invece è stata assegnata una dimensione di 20 x 20 m.

Tabella 26 - Limiti dell'area modellata.

Coordinate Gauss-Boaga dei vertici dell'area di studio		
	EST	NORD
A	1660975	5031015
B	1664568.8	5028306.8
C	1662780.4	5033410.9
D	1666374.3	5030702.7

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 222 di 234</p>

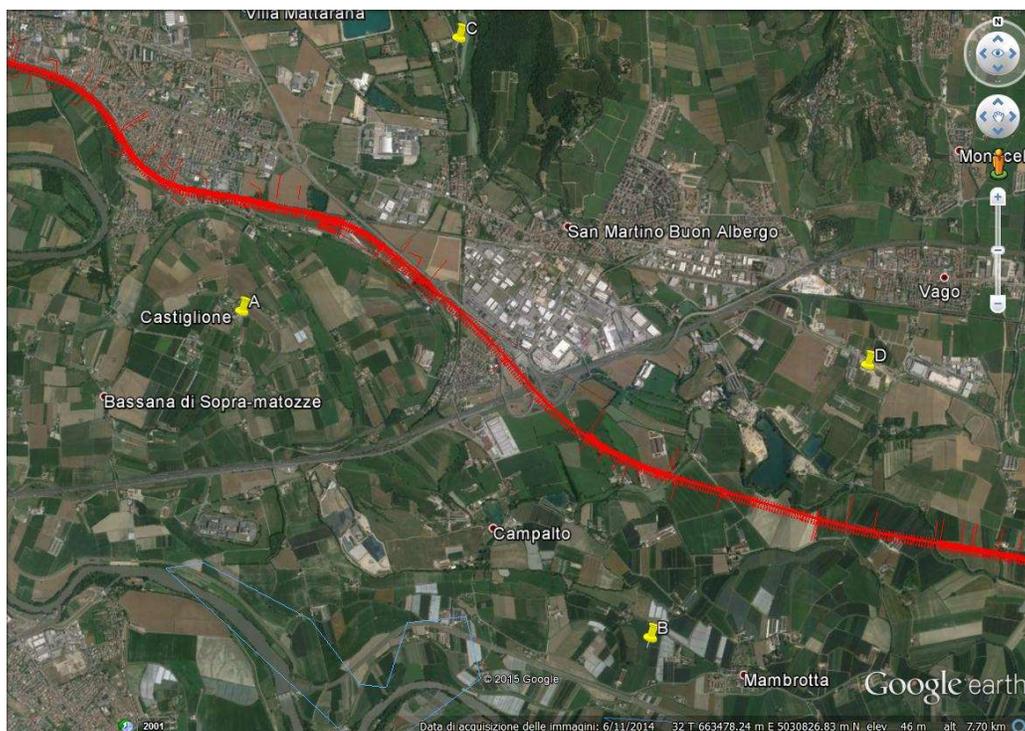


Figura 89 - Inquadramento territoriale del dominio di simulazione (in rosso tracciato ferroviario)

La transizione tra la zona a spaziatura più fitta e quella a spaziatura più rada avviene tramite l'interposizione di celle a dimensioni crescenti, in base ad un fattore moltiplicativo pari 0.9.

L'impostazione di una griglia telescopica di questo tipo permette di garantire un buon grado di accuratezza delle simulazioni nella zona di maggiore interesse e, contemporaneamente, una sufficiente rapidità di calcolo.

La discretizzazione verticale adottata ha avuto quale unica valenza quella di meglio modellare le condizioni in cui l'opera occlude solo parzialmente l'acquifero, mentre, al contrario, la medesima non ha alcuna valenza idrogeologica in quanto la modellazione ha riguardato solamente l'acquifero superficiale al quale sono state assegnate proprietà costanti sia orizzontalmente che verticalmente.

In Figura 91 è riportata la discretizzazione verticale dello spazio del modello. A tutti i layers è stato assegnato uno spessore costante pari a 2 m, la profondità totale del modello è stata impostata pari a 25 m da p.c., che rappresenta la minima profondità a cui è stata rinvenuta la lente argillosa di separazione tra primo e secondo acquifero nei sondaggi eseguiti lungo il tratto oggetto della modellazione. Questa scelta rappresenta una condizione cautelativa nei confronti della valutazione degli innalzamenti indotti dalla diaframmatrice.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RHGE0000003C

Foglio

223 di 234

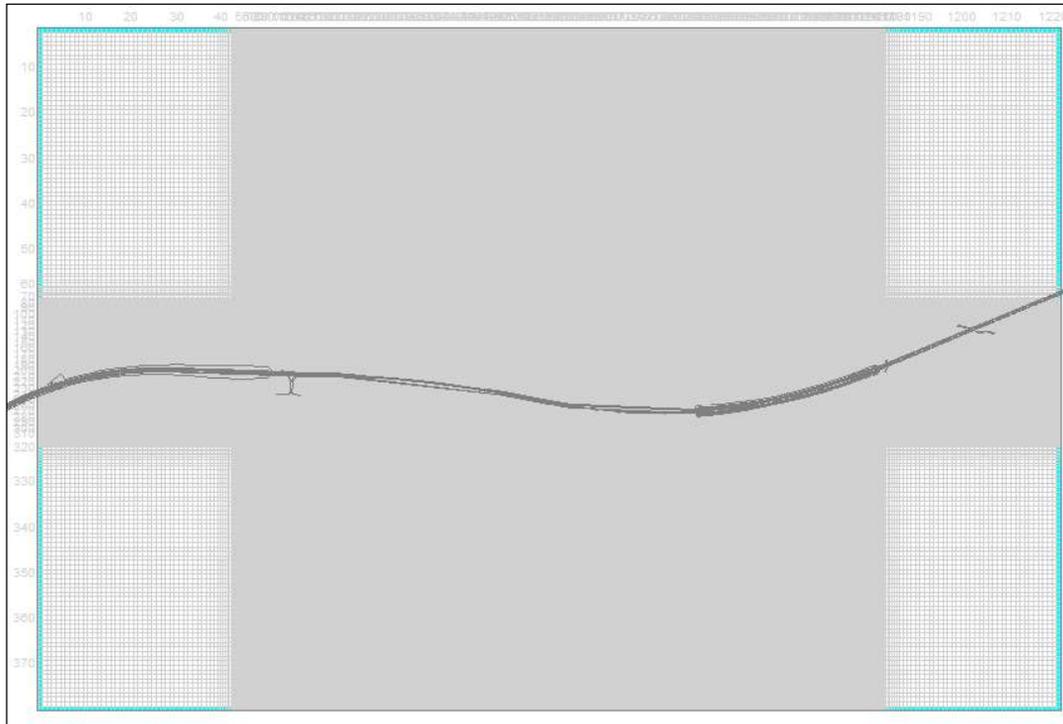


Figura 90 - Discretizzazione orizzontale del dominio di simulazione.

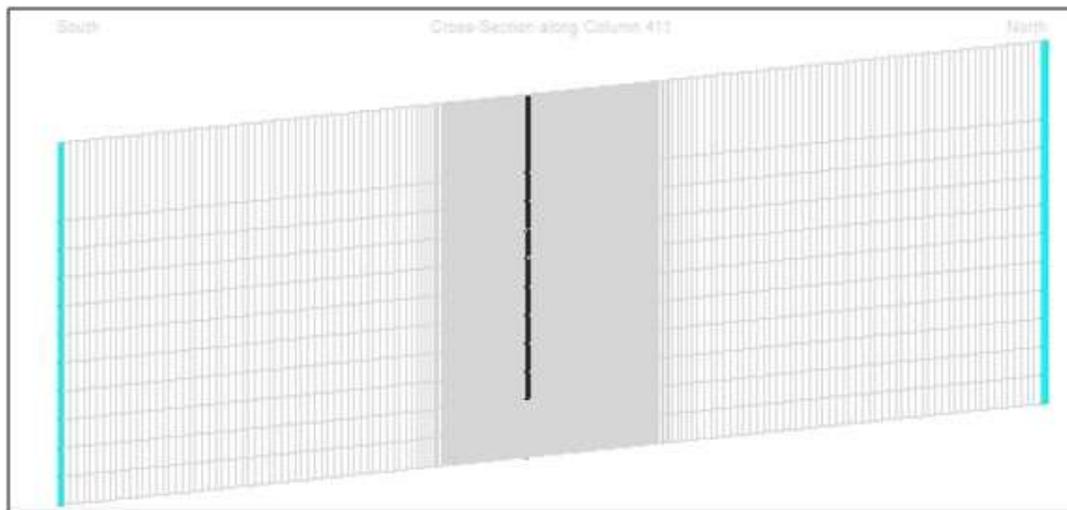


Figura 91 - Discretizzazione verticale del dominio di simulazione.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 224 di 234</p>

### Parametri di input e campo di moto della falda

La conducibilità idraulica rappresenta l'attitudine del terreno a lasciarsi attraversare dall'acqua ed è quindi uno dei fattori che maggiormente influenzano il flusso delle acque sotterranee.

La determinazione del suo valore, caratteristico per le diverse litologie, è un passo fondamentale per la comprensione del comportamento dell'acquifero.

I valori della permeabilità (m/s) sono stati considerati uguali nelle direzioni X e Y, mentre è stata assegnata una anisotropia di 0.1 per la direzione Z, secondo quanto proposto da Anderson & Woessner, 1992.

In questa fase di valutazione preliminare, data l'assenza di idonee prove di campo, per la determinazione dei valori medi di conducibilità idraulica dell'acquifero superficiale si è fatto riferimento a dati di bibliografia.

Il valore utilizzato per le simulazioni è pari a  $5 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Per la ricostruzione della piezometria statica di riferimento si è ipotizzato un gradiente idraulico pari a quello ricostruito in base alle piezometrie disponibili (0.2%) e due differenti scenari di riferimento:

- Scenario 1 – con direzione di falda perpendicolare alla galleria artificiale (Figura 92);
- Scenario 2 – con direzione di falda incidente a  $45^\circ$  rispetto alla galleria artificiale (Figura 93).

Il primo scenario rappresenta il massimo impatto potenzialmente indotto dalla galleria mentre il secondo rappresenta l'impatto atteso, stante la direzione di falda ricostruita sulla base dei dati attualmente disponibili.

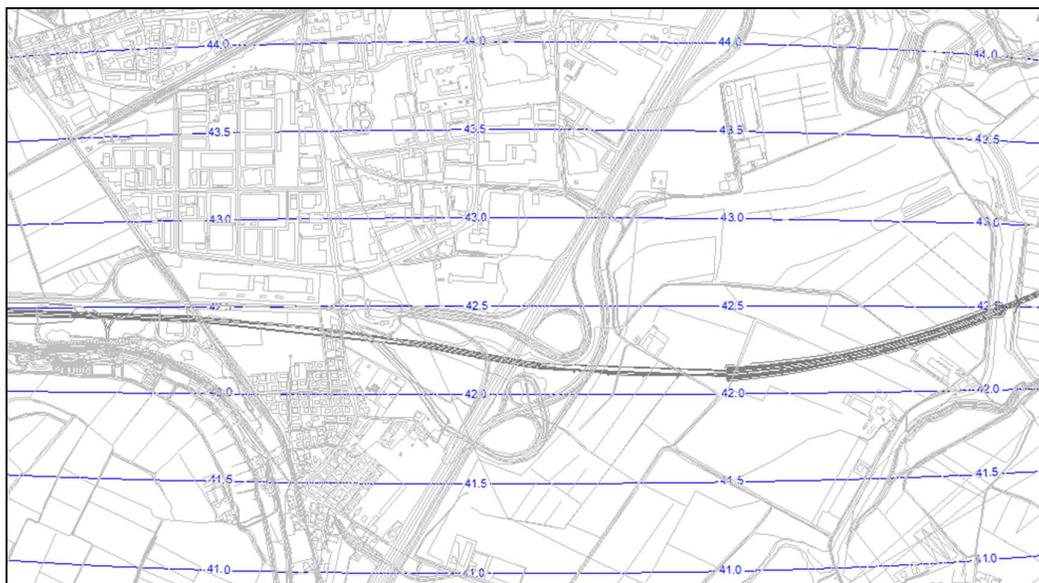


Figura 92 - Piezometria statica di riferimento (Scenario 1) - isopiezometriche interlinea 0.5 m.

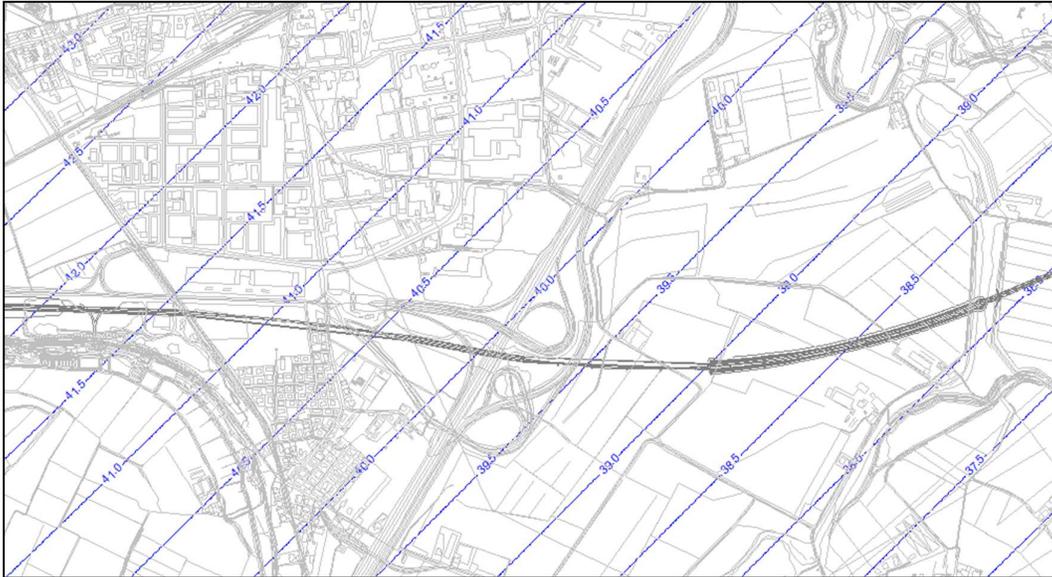


Figura 93 - Piezometria statica di riferimento (scenario 2) - isopiezometriche interlinea 0.5 m.

### Modellazione dell'opera

L'opera è stata simulata inserendo in corrispondenza dei diaframmi della galleria una zona a bassa permeabilità ( $1 \cdot 10^{-9}$  m/s).

In Figura 94 è rappresentata una sezione schematica di come i diaframmi sono stati simulati all'interno del modello.

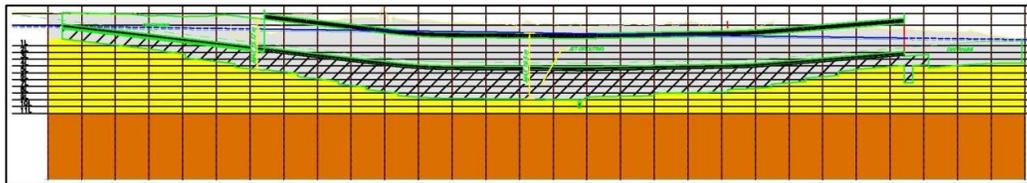


Figura 94 - Modellazione dell'opera lungo una sezione di riferimento (in giallo le aree a deflusso libero non interessate dalla diaframmatatura).

### 5.2.9.3 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE

I risultati ricavati dalla modellazione hanno consentito di valutare gli innalzamenti della falda nel lato sopragradiante e gli abbassamenti in quello sottogradiante, oltre che la portata di falda transitante nel tratto interessato dalla presenza dei diaframmi, nell'ipotesi di realizzare un diaframma senza soluzione di continuità con direzione di falda sia ortogonale (scenario 1) sia incidente a  $45^\circ$  rispetto ai diaframmi (scenario 2).

I risultati sono espressi in termini di:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 226 di 234

- deformazione della morfologia piezometrica e del flusso idrico sotterraneo a seguito della realizzazione dell'opera nei due diversi scenari di riferimento (Figura 95 e Figura 97);
- isovariazioni piezometriche rispetto alla falda indisturbata nei due scenari di riferimento (Figura 96 e Figura 98).

Nello scenario 1 si registrano chiaramente deformazioni piezometriche superiori (Figura 95), in ragione dell'incidenza ortogonale delle linee di flusso e, conseguentemente, della maggiore portata che incide sull'opera.

Le variazioni del carico piezometrico risultano tuttavia estremamente modeste in quanto raggiungono valori massimi di circa 0.25 m, sia in termini di innalzamento a monte che di abbassamento a valle del diaframma, per un breve tratto centrale della galleria artificiale (Figura 96).

Ancor meno significativi risultano gli effetti nello scenario 2, nel quale le isovariazioni del carico piezometrico risultano contenute in circa 0.15 m (Figura 98).

Conseguentemente, anche gli effetti di deformazione della superficie piezometrica (Figura 95 e Figura 97) risultano sostanzialmente insignificanti.

In entrambe le simulazioni l'opera genera gli innalzamenti maggiori nel tratto in cui i diaframmi raggiungono la massima profondità di 20 m.

Nello scenario 1 presso gli imbocchi Nord e Sud della galleria artificiale si hanno variazioni piezometriche, positive e negative, rispettivamente pari a circa 0.1 m.

Nello scenario 2 presso gli imbocchi Nord e Sud della galleria artificiale si hanno variazioni piezometriche, positive e negative, variabili tra 0.04 e 0.06 m.

Con riferimento alla portata transitante, la medesima risulta essere pari a:

- Scenario 1 = 25 l/s;
- Scenario 2 = 17 l/s.

Un ulteriore impatto che può essere valutato dal modello è quello che sarebbe indotto dall'opera nei confronti della sorgente di terrazzo posta all'altezza del km 5+000 (a valle dell'imbocco Nord della galleria artificiale) in località "La sorgente".

Tale valutazione assume rilievo in ragione del fatto che la realizzazione dell'opera, inducendo abbassamenti nel settore sottogradiente, potrebbe determinare una riduzione della portata di sfioro delle acque sorgive.

Anche in relazione a questo potenziale impatto le variazioni risultano tuttavia insignificanti, in quanto nello scenario 1 l'abbassamento della falda in prossimità della sorgente è valutabile in circa 0.1 m, mentre nello scenario 2 in circa 0.04 m.

Si evidenziano impatti ancor più limitati in corrispondenza delle sorgenti di terrazzo ubicate ai piedi della scarpata che limita la piana del Torrente Fibbio, presso le località Cà dell'aglio e Chievo, laddove il modello di calcolo stima, per le sorgenti di Cà dell'Aglio, innalzamenti della falda, quindi incrementi di portata delle

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RHGE0000003C</p>	<p>Foglio 227 di 234</p>

risorgive, inferiori a 0.05 m nello scenario 1 e a 0.02 m nello scenario 2, mentre per la sorgente della località Chievo, abbassamenti di circa 0.05 e di 0.02 rispettivamente negli scenari 1 e 2.

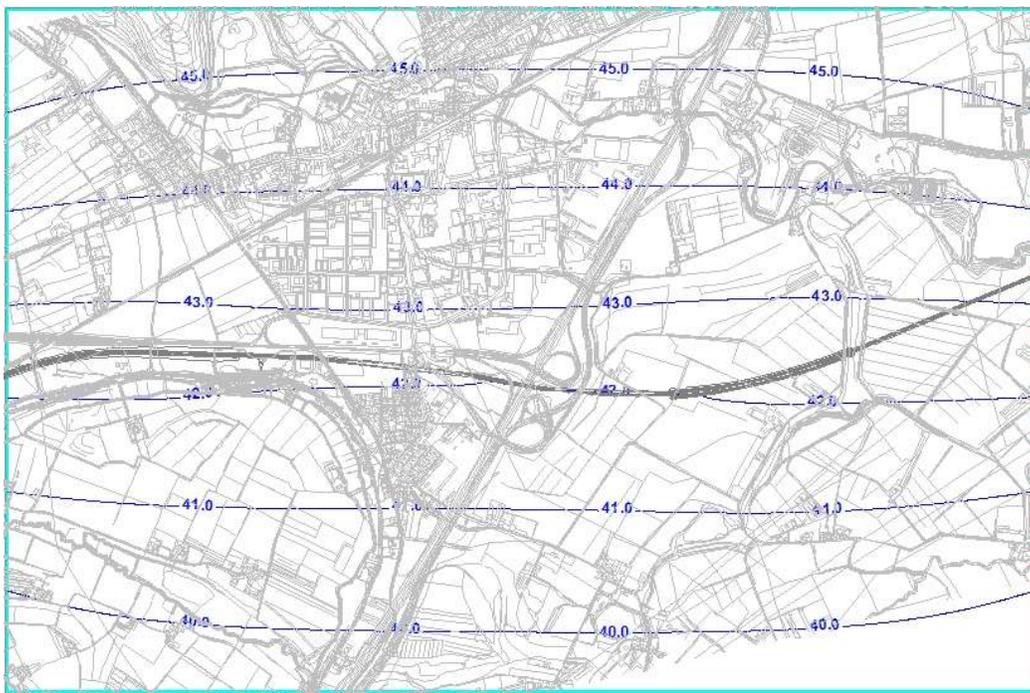


Figura 95 - Piezometria dinamica (scenario 1) - isopieze con interlinea 1m.

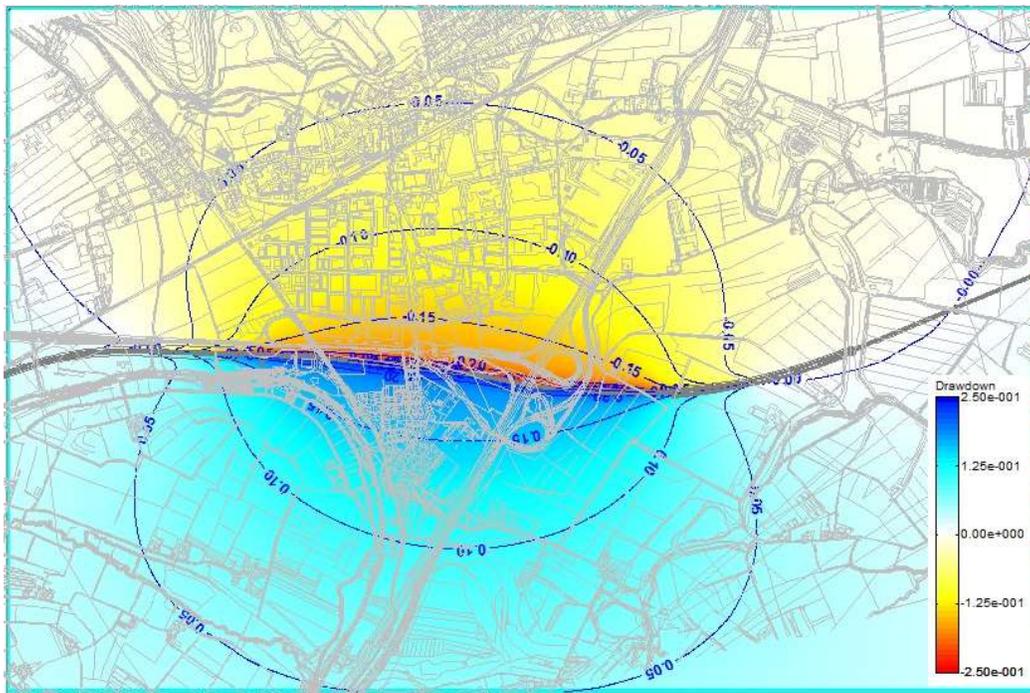


Figura 96 - Isoinnalzamenti e isoabbassamenti scenario 1 - interlinea 0.05 m.

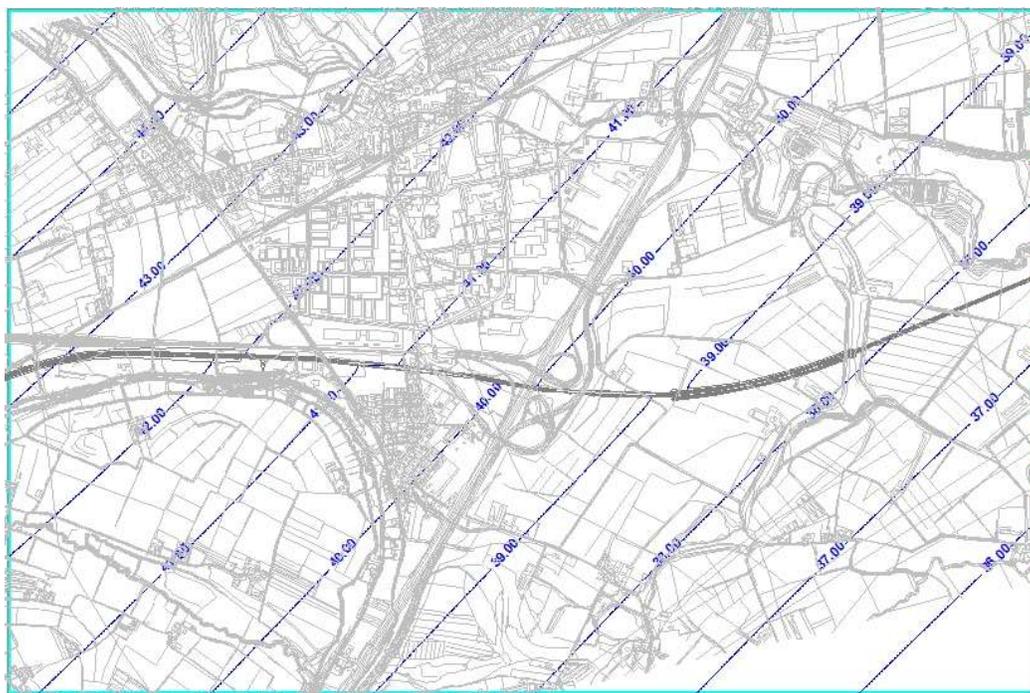


Figura 97 - Piezometria dinamica (scenario 2) - isopieze con interlinea 1 m.

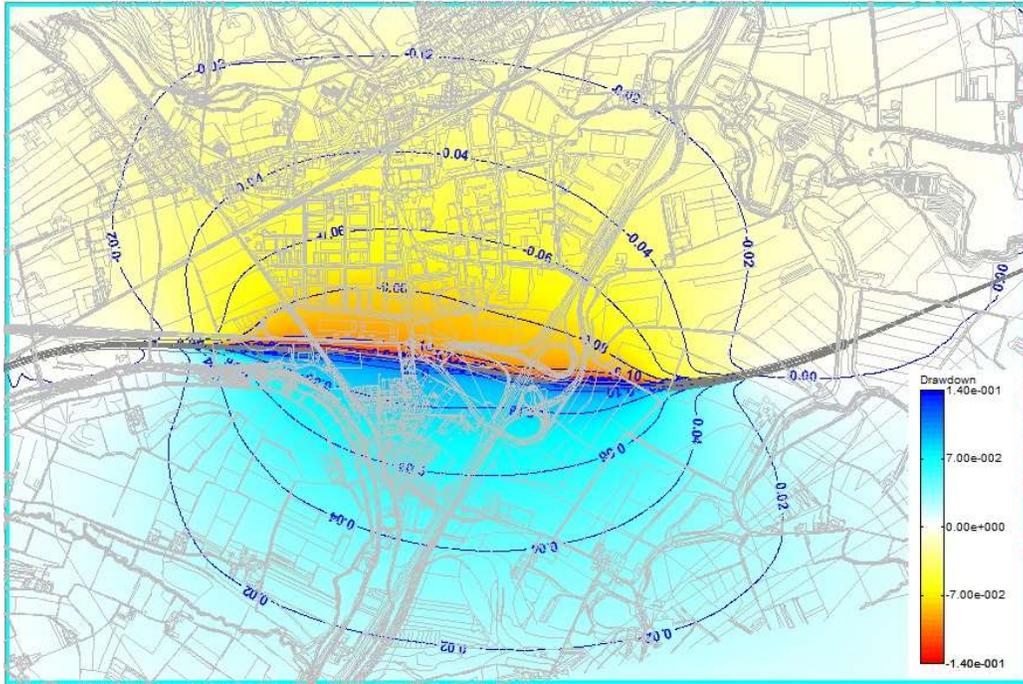


Figura 98 - Isoinnalzamenti e isoabbassamenti scenario 2 - interlinea 0.02 m.

Le variazioni di carico idraulico attese alle sorgenti risultano, in tutti i casi, modeste, soprattutto qualora confrontate alle fluttuazioni stagionali e pluriennali della falda.

Gli impatti potenzialmente indotti dalla realizzazione della galleria artificiale si possono pertanto considerare minimi e di scarsa magnitudo.

#### 5.2.10 INDAGINI INTEGRATIVE E SISTEMA DI MONITORAGGIO DELLA FALDA PER LA VERIFICA DEGLI EFFETTI INDOTTI DALLA GALLERIA ARTIFICIALE

Durante le fasi di costruzione della galleria artificiale dovranno essere effettuati tutti i controlli necessari per una corretta gestione dei lavori e per la valutazione degli eventuali effetti indotti sulla falda.

In particolare, si dovranno eseguire indagini integrative finalizzate ad acquisire una migliore conoscenza delle caratteristiche idrogeologiche del sito, tra cui:

- Perforazione di n. 6 sondaggi a carotaggio continuo da attrezzare con piezometri a tubo aperto fenestrati su tutto lo spessore di acquifero; i piezometri dovranno essere ubicati in posizioni disassate rispetto al tracciato ferroviario, come approssimativamente indicato in Figura 99.
- Quotatura della bocca foro dei piezometri e del circostante piano campagna;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 230 di 234

- Misure del livello freatico da eseguire ogni due settimane su tutti i punti della rete di controllo già esistenti e su quella da approntare ex novo per la definizione della direzione locale del flusso idrico sotterraneo.
- Installazione di almeno n. 3-4 datalogger per il rilievo in continuo delle oscillazioni freatiche della falda.

Durante la fase di realizzazione dell'opera si dovrà inoltre:

- monitorare con datalogger le variazioni del livello di falda indotte dai diaframmi;
- monitorare la portata delle sorgenti di terrazzo poste in vicinanza dell'opera.

Il monitoraggio in continuo della falda dovrà essere effettuato con frequenza di scarico non inferiore alle 6 ore, sia in vicinanza dell'opera che a maggiore distanza da essa su un numero di almeno 6 piezometri. Qualora non distrutti dalle attività di realizzazione dell'opera e in posizione idonea, potranno essere utilizzati i piezometri già esistenti.

La portata delle sorgenti dovrà essere monitorata, possibilmente con sistemi di misurazione appositamente tarati, con cadenza almeno mensile.

L'ubicazione di massima dei piezometri e delle risorgive da monitorare è indicata nella Figura 99.

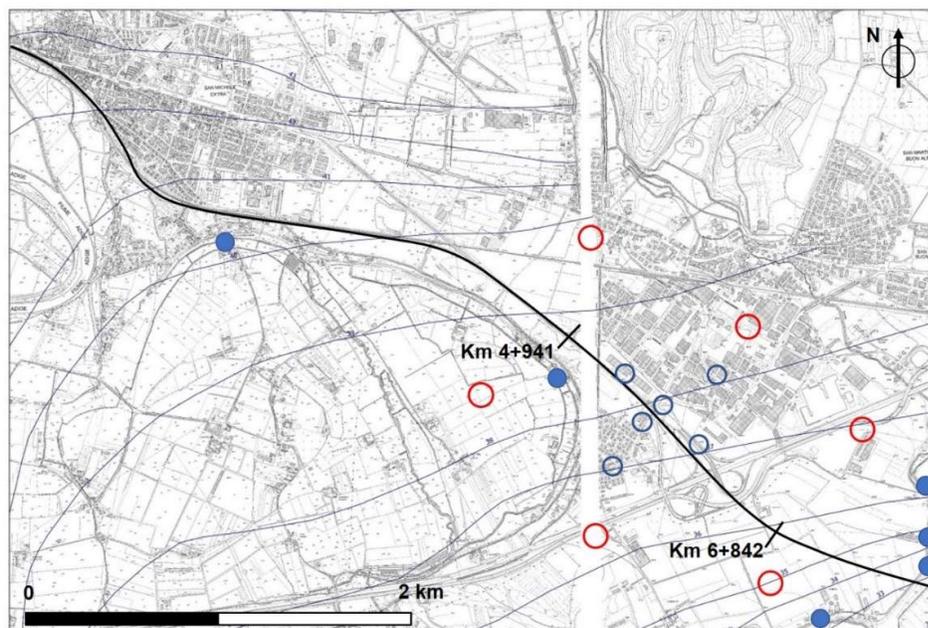


Figura 99 - Ubicazione di massima dei piezometri da realizzare per le indagini integrative (cerchi rossi), per il monitoraggio in corso d'opera e post-operam degli effetti indotti dai diaframmi (cerchi blu) e delle sorgenti di terrazzo (cerchi blu pieni).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 231 di 234

## 6 BIBLIOGRAFIA

[1] AATO Veronese (2011) – Revisione del piano d’ambito dell’ATO Veronese in ottemperanza a quanto disposto dall’art. 149, comma 1 del DLGS 3 APRILE 2006, N. 152 Relazione generale Cap. 2 Analisi dello stato attuale del servizio idrico integrato e delle strutture disponibili.

[2] AATO Veronese (2011) – Ricognizione infrastrutture acquedottistiche, fognarie e di depurazione dei comuni appartenenti all’A.t.o. veronese e redazione del Piano d’Ambito. Relazione generale Cap. 3 Analisi dell’utilizzo della risorsa idrica.

[3] AATO Veronese (2011) – Aggiornamento piano d’ambito territoriale ottimale A.A.T.O. Veronese ai sensi dell’art. 149 del DLGS 3 APRILE 2006, N. 152. Rapporto ambientale Allegato III – 3 Map Overlay – Tav. 2: zone con carenza di risorse idriche per l’agricoltura, zone vulnerabili da Nitrati e Comuni con corpi idrici pregiati.

[4] Altissimo L., Sottani N., Schiavo A. (2008) – Il sistema idrico sotterraneo delle Valli del Chiampo e dell’Agnò

[5] Antonelli R., Campagnoni A., Marcolongo B., Surian N., Zambrano R. - Quaderni di Geologia Applicata (1994) – Una ricerca integrata tra l’alta pianura veronese e l’anfiteatro morenico del Garda per il riconoscimento di risorse idriche alternative e della loro vulnerabilità. primi risultati e prospettive di sviluppo.

[6] Antonelli R. & Alii, 2002 – Nuovi contributi sull’inquinamento della falda freatica nella pianura alluvionale a sud di Verona.

[7] Apra (2013) – 3 Acqua e veneto Una Regione che cambia. Alla ricerca di nuove prospettive per il governo delle acque Verona, 14 ottobre 2013 - Dossier d’informazione e di documentazione.

[8] Arpav (2006) – Relazione sullo stato della rete freaticometrica regionale. L’attività di verifica e i risultati delle osservazioni al 31/12/2005.

[9] Arpav (2006) – Le acque sotterranee della pianura veneta I risultati del Progetto SAMPAS. Iniziativa cofinanziata dall’Unione Europea – FESR – DOCUP Ob. 2 anni 2000-2006 – Progetto SAMPAS.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 232 di 234

- [10] Arpav – Misure freaticmetriche della rete tradizionale dell'ex ufficio idrografico di Venezia.
- [11] Arpav, Provincia di Vicenza, Progetto Giada (2006) – Acque sotterranee.
- [12] Arpav (2007) – Misure freaticmetriche della rete tradizionale dell'ex ufficio idrografico di Venezia relazione n. 01/07.
- [13] Arpav (2012) – Annali freaticmetrici Anni 2007 – 2011 relazione n. 07/12.
- [14] Arpav (2013) – Stato dell'inquinamento da sostanze perfluoroalchiliche (pfas) in provincia di Vicenza, Padova e Verona. Aspetti geologici e idrogeologici, la rete idrografica, il sito potenzialmente inquinato e prima delimitazione dell'inquinamento al 30/09/2013.
- [15] Arpav, Regione Veneto (2014) – Presentazione il Database Gestori Acquedotti. Piano Triennale di Sicurezza Alimentare - GdL7 ARPAV - Servizio Osservatorio Acque Interne.
- [16] Arpav (2014) – Rapporto sulla risorsa idrica in Veneto al 30 settembre 2014.
- [17] Autorità di Bacino del Fiume Adige – Studi degli acquiferi montani da Resia a Domegliara e degli acquiferi di pianura- Attività di studio e ricerca a supporto della redazione del Piano di Bacino.
- [18] Autorità di Bacino del Fiume Adige – Censimento e studio delle sorgenti e dei pozzi del territorio alpino e prealpino di competenza dell'autorità di Bacino del fiume Adige.
- [19] Autorità di Bacino del Fiume Adige – CUDAM Difesa idrogeologica e bilancio idrico nel bacino dell'Adige.
- [20] Autorità di Bacino del Fiume Adige – Piano di gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali - Bacino del Fiume Adige Capitolo 1. Descrizione generale delle caratteristiche del bacino idrografico dell'Adige.
- [21] Dal Prà A., De Rossi P. (1989) – Carta idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige. Scala 1:30.000
- [22] Dal Prà A., De Rossi P., Furlan F., Siliotti A., Pietro Zangheri (1991) – Il regime delle acque sotterranee nell'alta pianura veronese

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 233 di 234

[23] Dal Prà A. (1971) - Risultati preliminari di ricerche idrogeologiche nella pianura alluvionale tra Astico e Brenta. *Tecnica Italiana*, 36, 9-10, Trieste.

[24] Istituto di Ricerca Sulle Acque, C.N.R. – Indagine sulle falde acquifere profonde della pianura padana Vol. III – Parte II

[25] Passadore G., Monego M., Altissimo L., Sottani A., Putti M., Rinaldo A. (2010) – Modello matematico generale del flusso della risorsa idrica sotterranea del Veneto centrale.

[26] Provincia di Verona (2001) – Rapporto sullo stato dell'ambiente.

[27] Provincia di Verona (2010) – Rapporto sullo stato dell'ambiente. Anno 2010

[28] Provincia di Vicenza (2001) – Programma provinciale di previsione e prevenzione dei rischi. Il rischio idraulico.

[29] P.T.C.P. di Verona (2007) – Relazione Ambientale.

[30] P.T.C.P. di Vicenza – Aspetti geologici. Allegato alla Relazione del PTCP

[31] Regione del Veneto – Carta regionale delle acque.

[32] Regione del Veneto – Carta idrografica del Veneto. Tavole VI 2d, VI 3a, VI 4, VR 3, VR4.

[33] Regione del Veneto (1977) – Studio per la revisione del piano regolatore generale degli acquedotti del Veneto. Ricerca effettuata da I.R.S.E.V S.p.A.

[34] Regione del Veneto (1977) – Studio per la revisione del piano regolatore generale degli acquedotti del Veneto. Ricerca effettuata da I.R.S.E.V S.p.A. Appendice: Tavole

[35] Regione del Veneto (1987) – Carta delle unità geomorfologiche in scala 1:250.000. Le forme del territorio.

[36] Regione del Veneto (1988), S. G. I. – Carta geologica del Veneto in scala 1:250.000.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione Idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RHGE0000003C	Foglio 234 di 234

[37] Regione del Veneto (1990), S. G. N. – Carta geologica del Veneto in scala 1:250.000. Una storia di cinquecento milioni di anni.

[38] Regione del Veneto, C.N.R., S. G. N. (1993) – Ricerca sulla vulnerabilità naturale e sul rischio di inquinamento delle acque sotterranee nelle valli dell’Agno-Guà e del Chiampo e nell’antistante Pianura (M. Lessini orientali – Vicenza). Carta della vulnerabilità naturale con note illustrative. Scala 1:25.000

[39] Regione del Veneto, C.N.R., S. G. N. (1996) – Ricerca sulla vulnerabilità naturale e sul rischio di inquinamento delle acque sotterranee nelle valli dell’Agno-Guà e del Chiampo e nell’antistante Pianura (M. Lessini orientali – Vicenza). Carta della distribuzione degli insediamenti produttivi e dell’uso del suolo e del sottosuolo. Scala 1:25.000

[40] Rinaldo R., Altissimo L., Putti M., Passadore G., Monego M., Sottani A. (2008) – Modello matematico di flusso nei sistemi acquiferi dei territori dell’autorità d’Ambito territoriale ottimale “A.T.O. Brenta”

[41] Rinaldo R., Altissimo L., Putti M., Passadore G., Monego M., Sottani A. (2008) – Modello matematico di flusso nei sistemi acquiferi dei territori dell’autorità d’Ambito territoriale ottimale “A.T.O. Brenta”. Seconda relazione intermedia.

[42] Rinaldo R., Altissimo L., Putti M., Passadore G., Monego M., Sottani A. (2008) – Modello matematico di flusso nei sistemi acquiferi dei territori dell’autorità d’Ambito territoriale ottimale “A.T.O. Brenta”. Relazione finale.

[43] S. G. I. (1967) – Carta Geologica d’Italia dal rilevamento geologico 1:25.000. Foglio 49 della Carta 1:100.000 dell’I.G.M.

[44] Sorbini L. (1993), Comune di Verona, Ass. all’Ecologia, Museo Civico di Storia Naturale – Geologia, idrogeologia e qualità dei principali acquiferi veronesi. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona (II serie) - Scienze della Terra n. 4.

[45] Sorbini L., Accorsi C.A., Bandini Mazzanti M., Forlani L., Gandini F., Meneghel M., Rigoni A., Sommaruga M. (1984) – Geologia e geomorfologia di una porzione della pianura a sud-est di Verona.