

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



## INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

### PROGETTO DEFINITIVO

#### LINEA AV/AC VERONA - PADOVA

#### SUB TRATTA VERONA – VICENZA

#### 1° SUB LOTTO VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

#### RELAZIONE

PARTE GENERALE: GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

GENERAL CONTRACTOR		ITALFERR S.p.A.	SCALA:
<b>ATI bonifica</b> Progettista integratore  Franco Persio Bocchetto Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 8664 – Sez. A settore Civile ed Ambientale	Consorzio IRICAV DUE Project Manager		<input type="text" value="-"/>

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

I	N	0	D	0	0	D	I	2	R	H	G	E	0	0	0	2	0	0	1	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

<b>ATI bonifica</b>	VISTO ATI BONIFICA	
	Firma	Data

Progettazione


Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	Tipo di Emissione	A. Cantoni	data	M. Nespoli	data	G.P. Beretta	Giugno 2015	
B	Per istruttoria Italferr	A. Cantoni		M. Nespoli		G.P. Beretta	28.07.2015	

File: IN0D00DI2RHGE0002001B.DOCX	CUP: J41E9100000009	n. Elab.:
	CIG: 3320049F17	

## Sommario

1	PREMESSA.....	4
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	6
3	NOTE DI IDROGEOLOGIA GENERALE DEL MARGINE PREALPINO E DELLA PIANURA VENETA.....	8
3.1	LA STRUTTURA E LE UNITA' IDROGEOLOGICHE DELLA PIANURA VENETA.....	13
3.2	LA STRUTTURA E LE UNITA' IDROGEOLOGICHE DELLA PIANURA VERONESE .....	15
3.2.1	LA RICARICA DEGLI ACQUIFERI.....	23
3.2.2	MORFOLOGIA PIEZOMETRICA E DIREZIONE DEL FLUSSO IDRICO SOTTERRANEO .....	24
3.2.3	LE OSCILLAZIONI DELLA FALDA .....	33
4	CARATTERI IDROGEOLOGICI DI DETTAGLIO DEL TRATTO DI INTERESSE .....	52
4.1	LOTTO COSTRUTTIVO 1 .....	54
4.1.1	INDAGINI E PROVE ESEGUITE.....	54
4.1.2	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE .....	63
4.1.3	VALUTAZIONE DELL'INNALZAMENTO DELLA FALDA ATTESO A MEDIO E LUNGO TERMINE .....	74
4.2	LOTTO COSTRUTTIVO 2.....	76
4.2.1	INDAGINI E PROVE ESEGUITE.....	76
4.2.2	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE .....	84
4.2.3	VALUTAZIONE DELL'INNALZAMENTO DELLA FALDA ATTESO A MEDIO E LUNGO TERMINE .....	93
4.3	LOTTO COSTRUTTIVO 3.....	95
4.3.1	INDAGINI E PROVE ESEGUITE.....	95
4.3.2	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE .....	108
4.3.3	VALUTAZIONE DELL'INNALZAMENTO DELLA FALDA ATTESO A MEDIO E LUNGO TERMINE .....	117
5	INTERFERENZE TRA OPERA E ACQUE SOTTERRANEE.....	119
5.1	OPERE DI CAPTAZIONE E SISTEMA ACQUEDOTTISTICO .....	120
5.1.1	IL SISTEMA ACQUADOTTISTICO DI VERONA E COMUNI LIMITROFI .....	122
5.1.2	OPERE DI CAPTAZIONE LUNGO IL TRACCIATO.....	125
5.2	L'IMPATTO DELLA GALLERIA ARTIFICIALE DI S. MARTINO BUON ALBERGO .....	134
5.2.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE REALIZZATE NELLA TRATTA INTERESSATA DALL'OPERA .....	135
5.2.2	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E IDROGRAFICHE .....	139
5.2.3	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E LITOLOGICHE .....	141
5.2.4	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	144
5.2.5	PARAMETRI IDROGEOLOGICI DELL'ACQUIFERO .....	150

5.2.6	STIMA DEGLI EFFETTI SULLA FALDA INDOTTI DALLA GALLERIA ARTIFICIALE.....	151
5.2.6.1	LIMITAZIONI DELLA MODELLAZIONE.....	153
5.2.6.2	STRUTTURA DEL MODELLO NUMERICO DI FLUSSO.....	154
5.2.6.3	RISULTATI DELLA MODELLAZIONE.....	160
5.2.7	INDAGINI INTEGRATIVE E SISTEMA DI MONITORAGGIO DELLA FALDA PER LA VERIFICA DEGLI EFFETTI INDOTTI DALLA GALLERIA ARTIFICIALE.....	164

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 4 di 166

## 1 PREMESSA

La presente relazione, redatta a corredo del progetto definitivo, illustra gli aspetti idrogeologici dell'area interessata dalla nuova linea ferroviaria AV/AC Verona–Padova, nella tratta compresa tra gli abitati di Verona stazione Porta Vescovo e Montebello Vicentino.

Gli studi condotti hanno sono stati finalizzati a 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 gli 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, per i tre lotti costruttivi nei quali è stata suddivisa la tratta 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, e da quelle integrative svolte nel 2014 e nel 2015, appositamente realizzate per la predisposizione del progetto definitivo.

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.

  	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 6 di 166

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il tracciato in esame 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 e Montebello Vicentino (Figura 1).

Nell'ambito del Sublotto Verona – Montebello Vicentino, il tracciato ferroviario è stato ulteriormente suddiviso in 3 lotti costruttivi:

- il **Lotto costruttivo 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 **Lotto costruttivo 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'Illasi-Prognolo.
- Il **Lotto costruttivo 3** compreso tra i km 19+159 e 32+460 si sviluppa nei territori comunali di S. Bonifacio, Lonigo e Montebello Vicentino. In questa tratta è prevista la realizzazione di viadotti in corrispondenza del Torrenti Alpone e presso San Bonifacio.

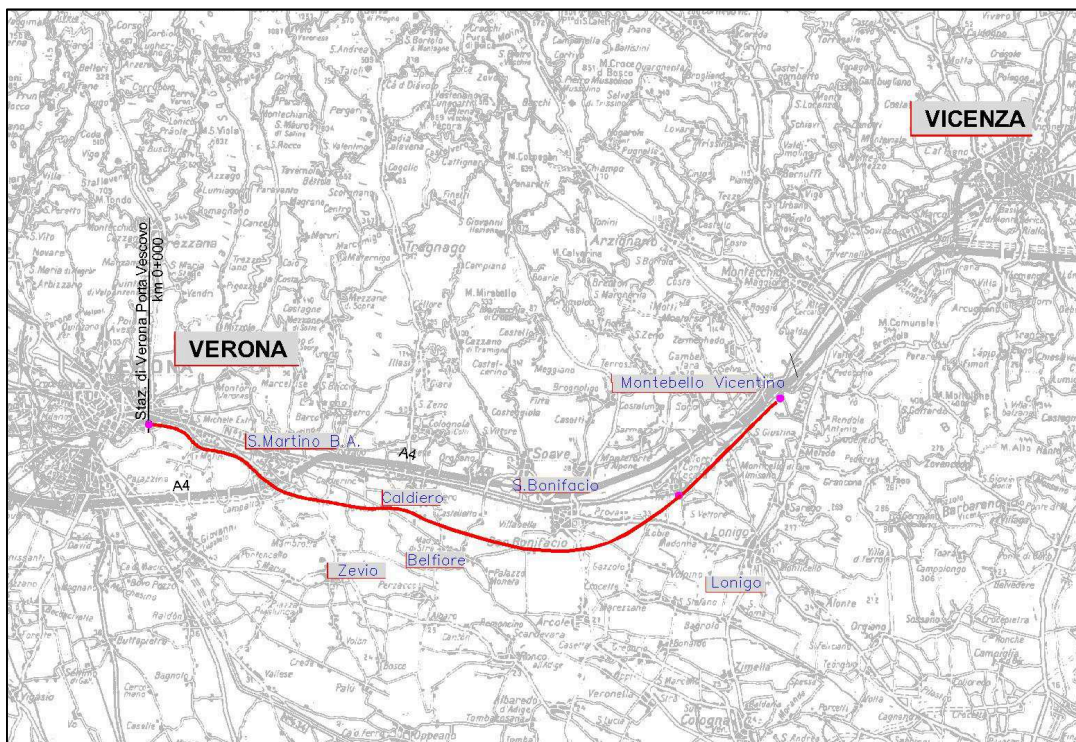



Figura 1 – Inquadramento territoriale del Sub-lotto Verona-Montebello Vicentino

 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 8 di 166

### 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.

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'Illassi 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'Illassi 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 fluvioglaciali della pianura veneta.

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 paleoalvei 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.

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.

 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 12 di 166

### *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.

  <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 13 di 166

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 (diretrici 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 da assi di drenaggio che "catturano" l'acqua presente nel bacino, tramite diretrici 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

  	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 15 di 166

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.

### 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:

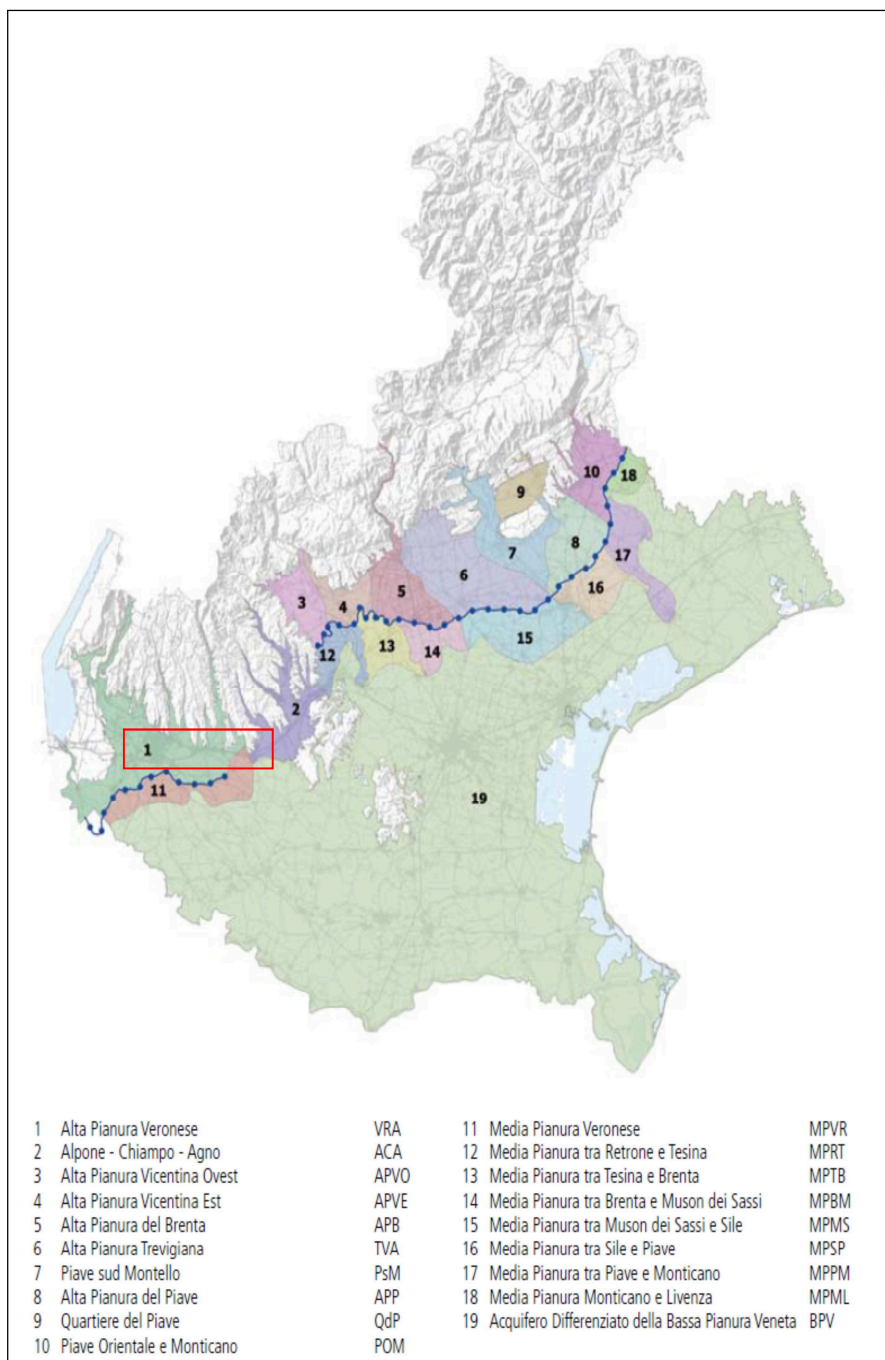
- bacino dell'Alta Pianura Veronese (1 - VRA);
- bacino della Media Pianura Veronese (11 - MPVR);
- bacino dell'Alpone-Chiampo-Agno (2 - ACA);
- acquifero differenziato della bassa pianura veneta (19 - BPV)

#### *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 tardiglaciale-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**



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'Illasi, 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 però interamente 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.

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.

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 magnesiacca.

#### *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.

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.

Nella 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.

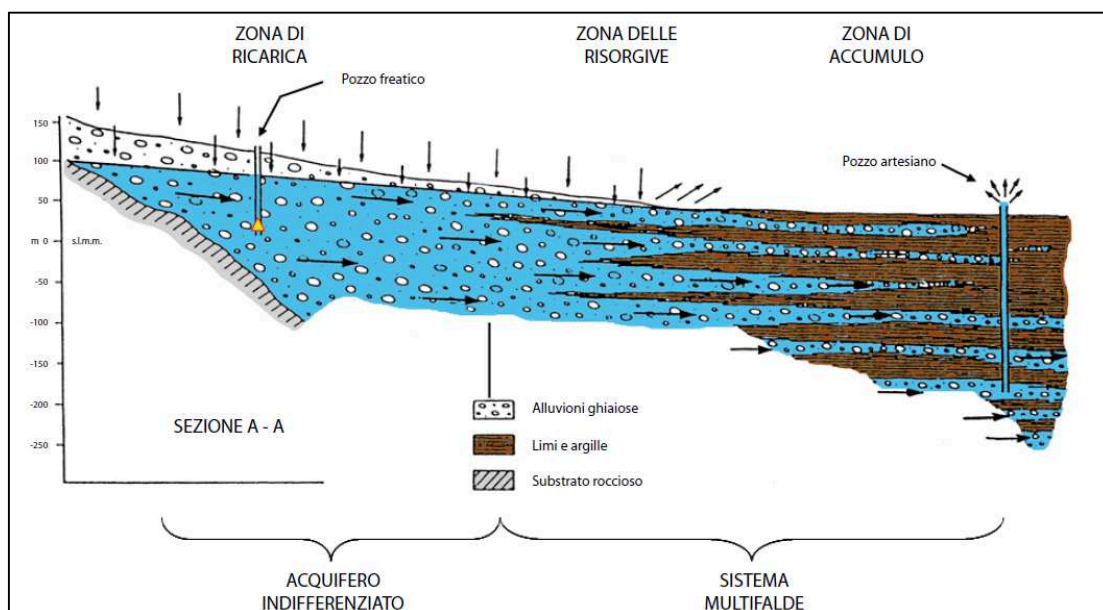
In base ai dati AGIP i materiali sciolti della media e bassa pianura, che rappresentano gli acquiferi e gli acquicludi/acquitardi, presentano spessori ancora più rilevanti. Nel settore veronese, soprattutto verso il mantovano, gli spessori superano i 2.500 metri.

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)

### 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.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 24 di 166

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 principale 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 delle Province di Verona e Vicenza, un cui 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.

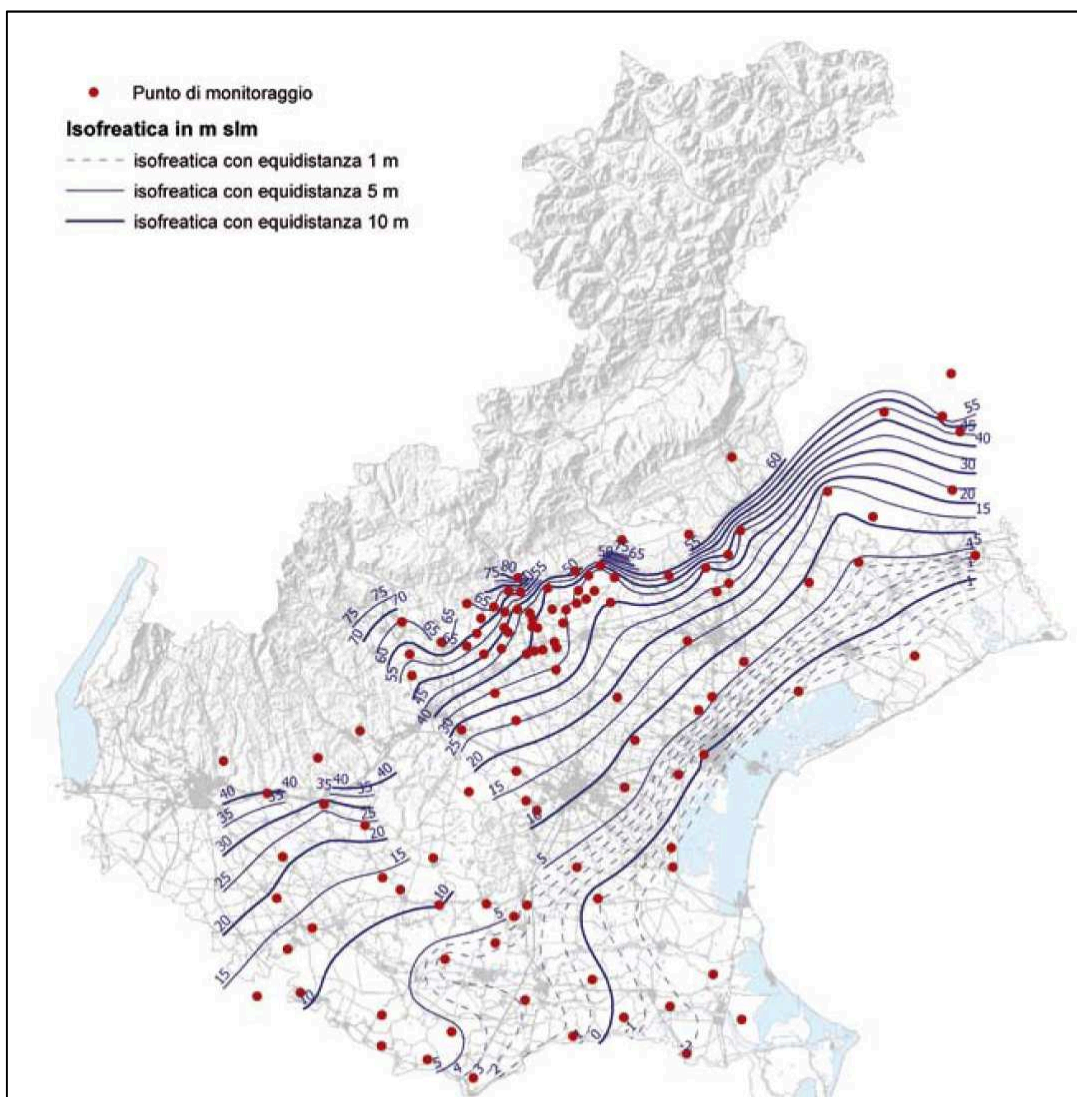
Il gradiente idraulico della falda assume valori pari a circa lo 0.2% all'altezza di Verona Est e di S. Martino Buon Albergo, che aumentano sino allo 0.5% nel tratto immediatamente sottogradiante, per poi decrescere nuovamente a valori intorno allo 0.1% in prossimità del limite del bacino idrogeologico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

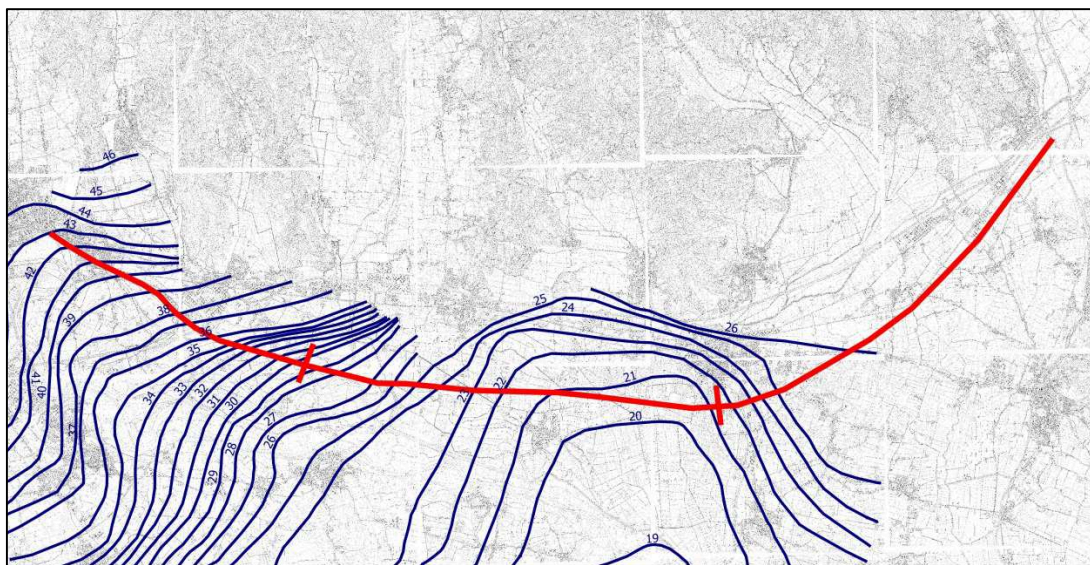


**Figura 4** – Carta delle isofreatiche del Veneto (maggio 2003)

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 lotto costruttivo, 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)

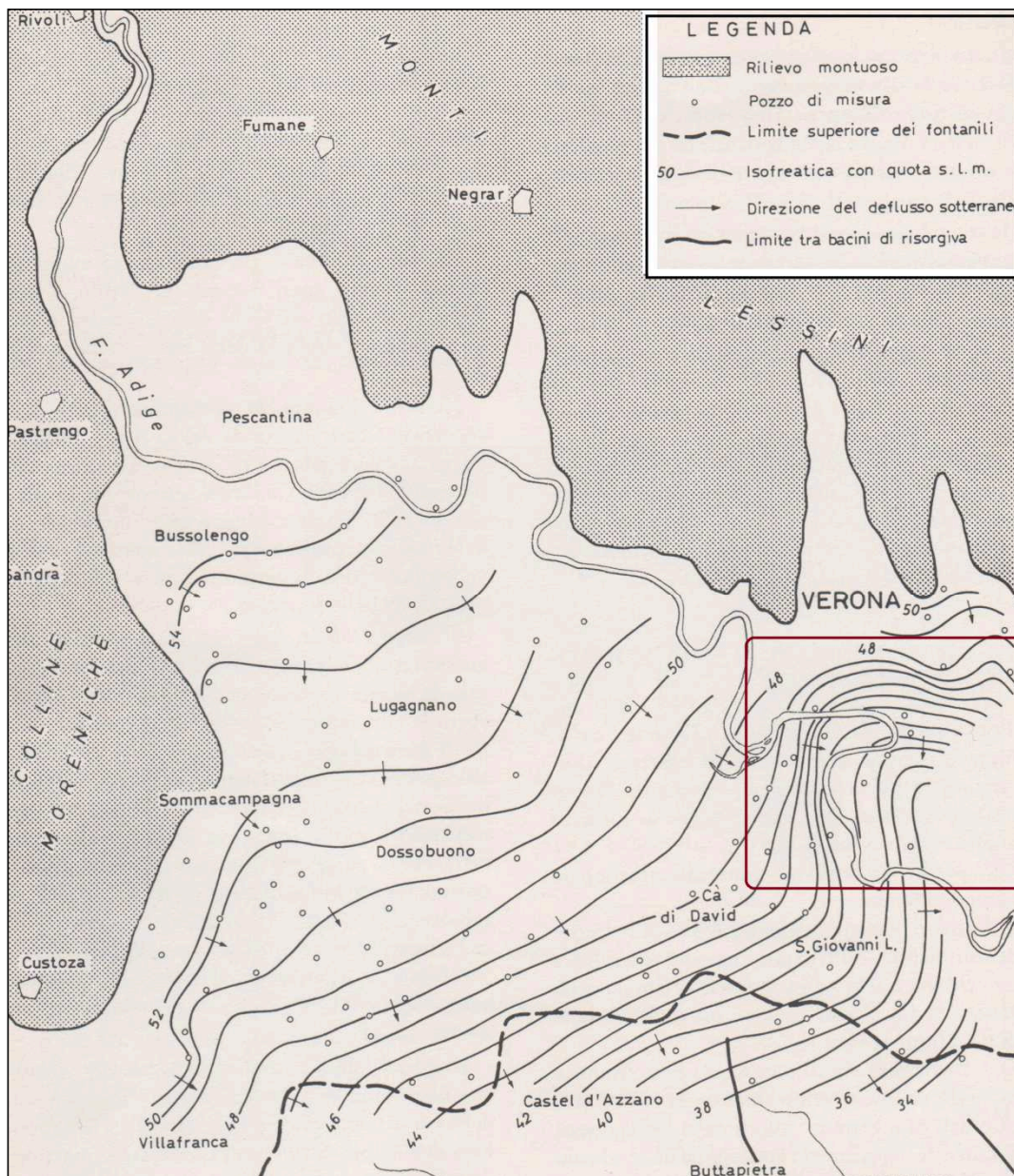
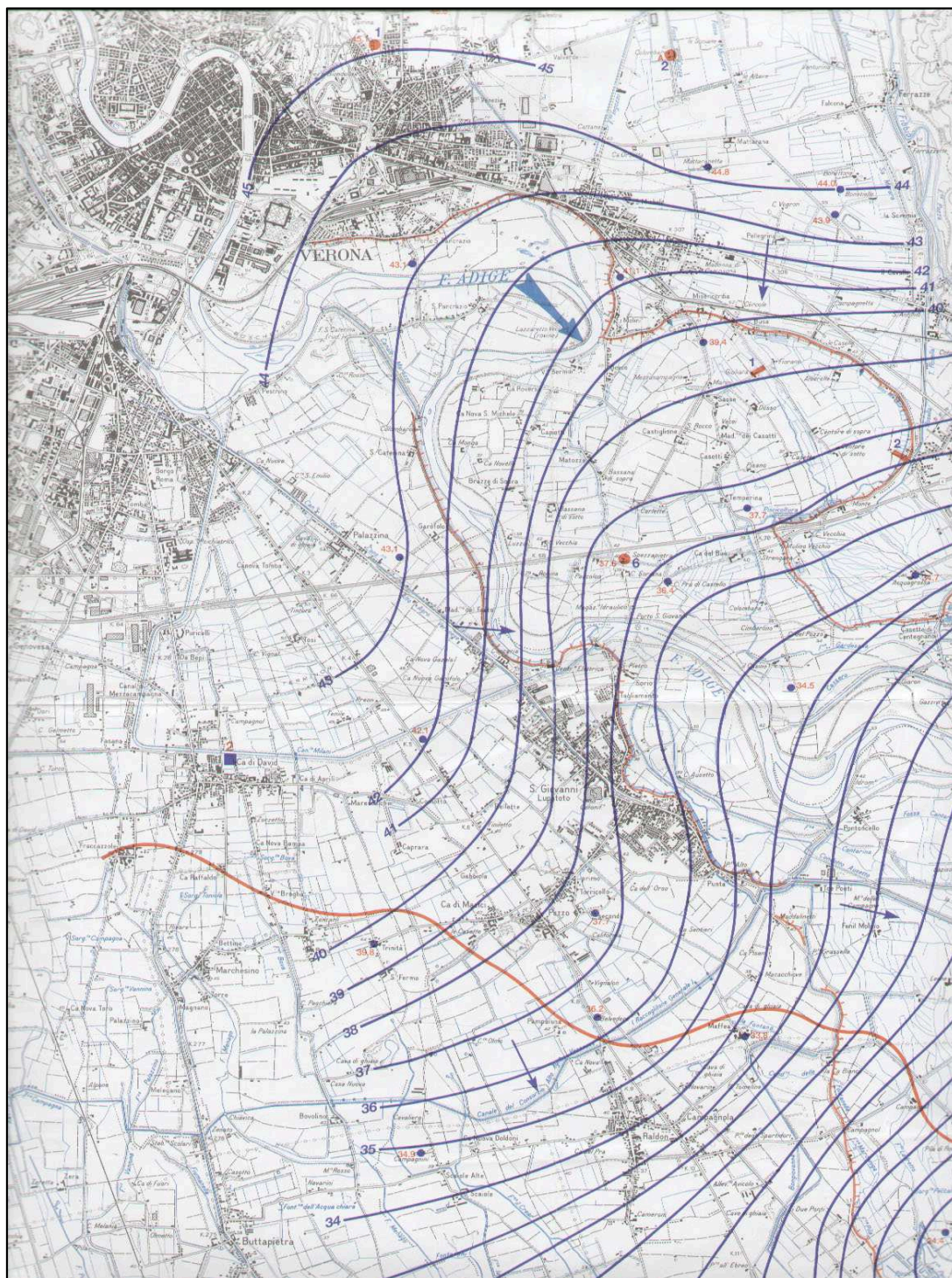


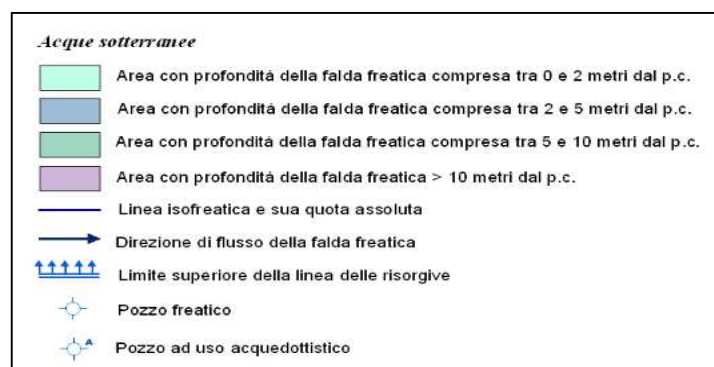
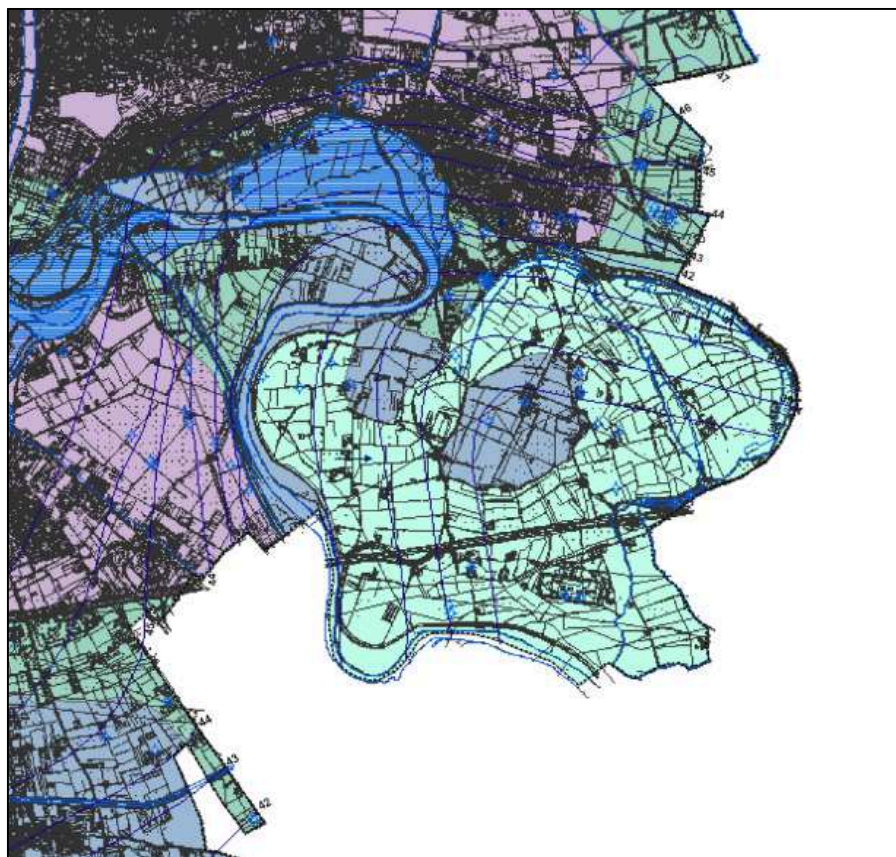
Figura 6 – Carta delle isofreatiche dell’Alta Pianura Veronese (Dal Prà, De Rossi P, 1989)



**Figura 7 - Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura Veronese Orientale (C.N.R. 1997)**

Indicazioni di dettaglio ancora superiore 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 mostrata in Figura 8.



**Figura 8** - Stralcio della “Carta Idrogeologica” del PAT di Verona

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.

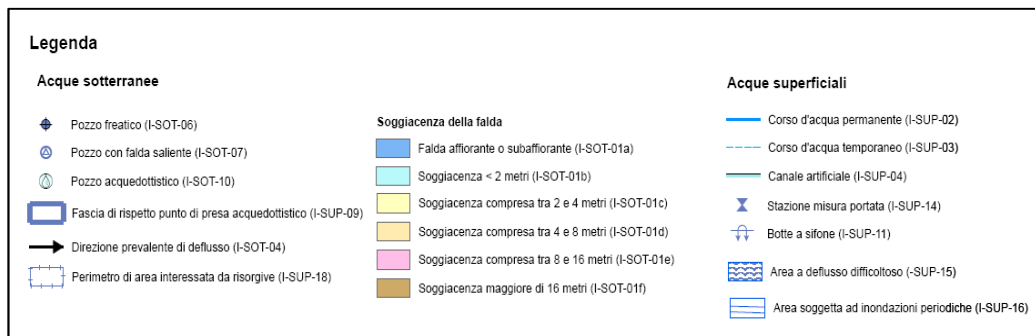
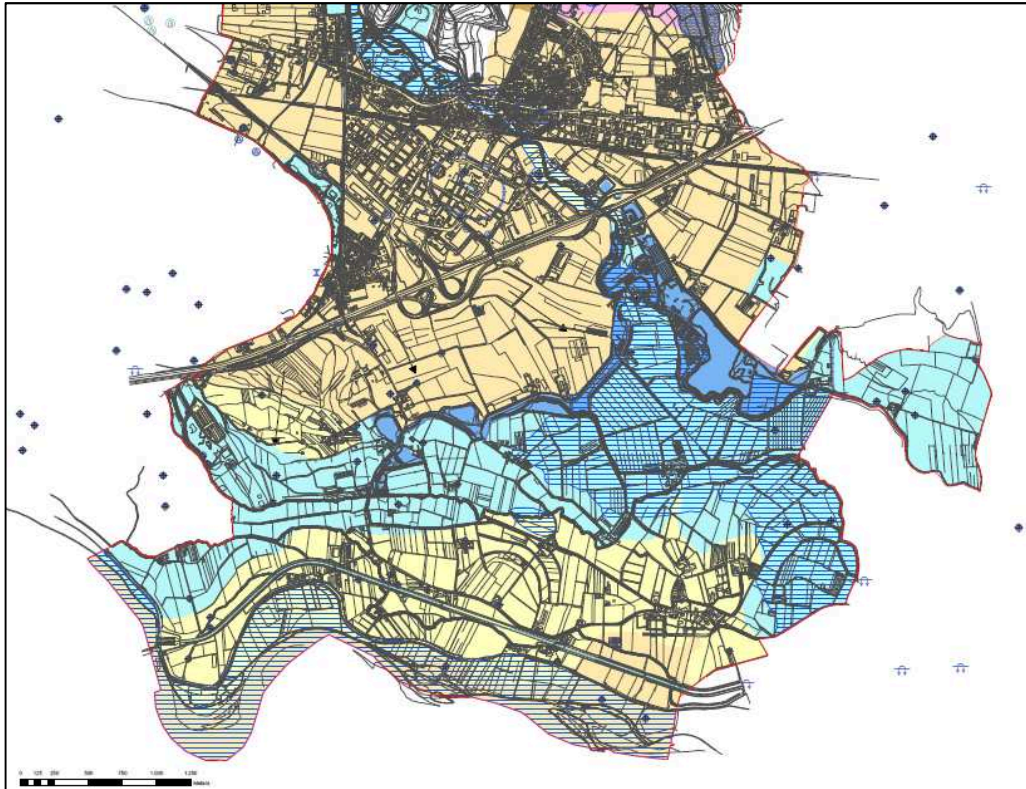
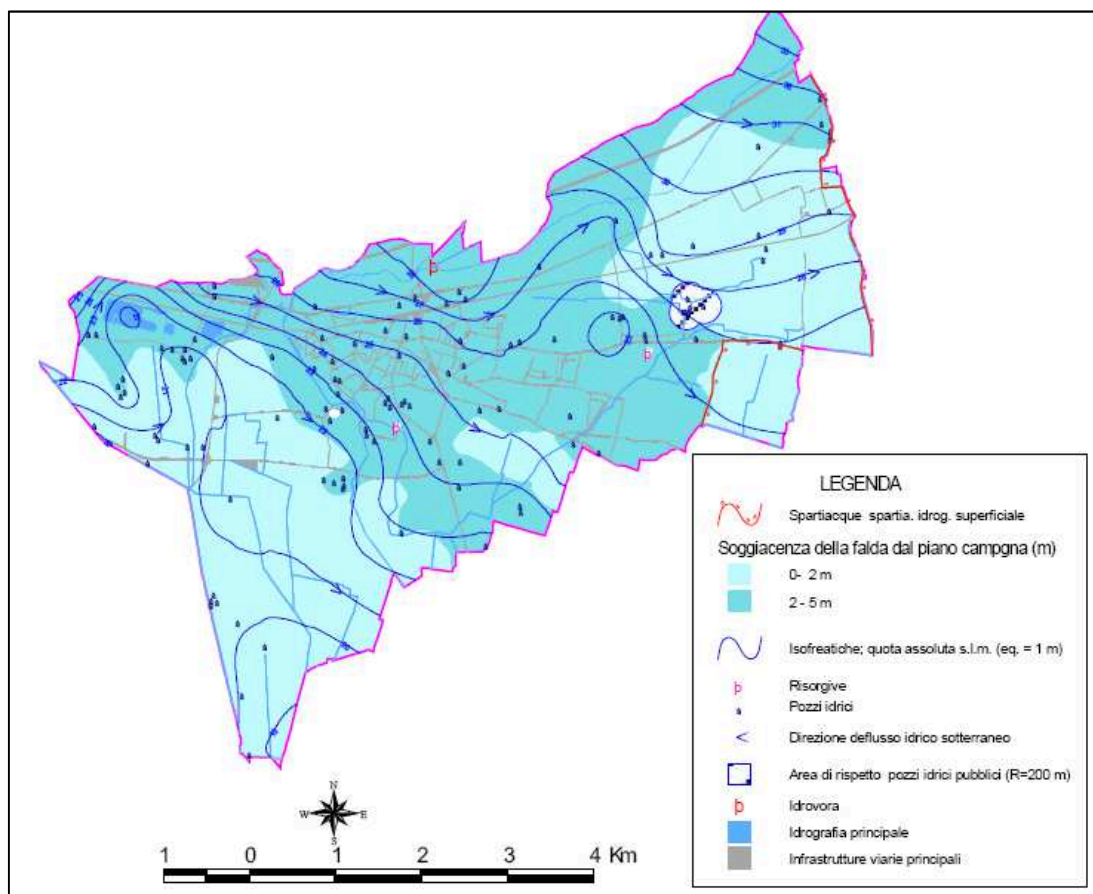


Figura 9 - Stralcio della "Carta Idrogeologica" del PAT di San Martino Buon Albergo





**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 descritta 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.

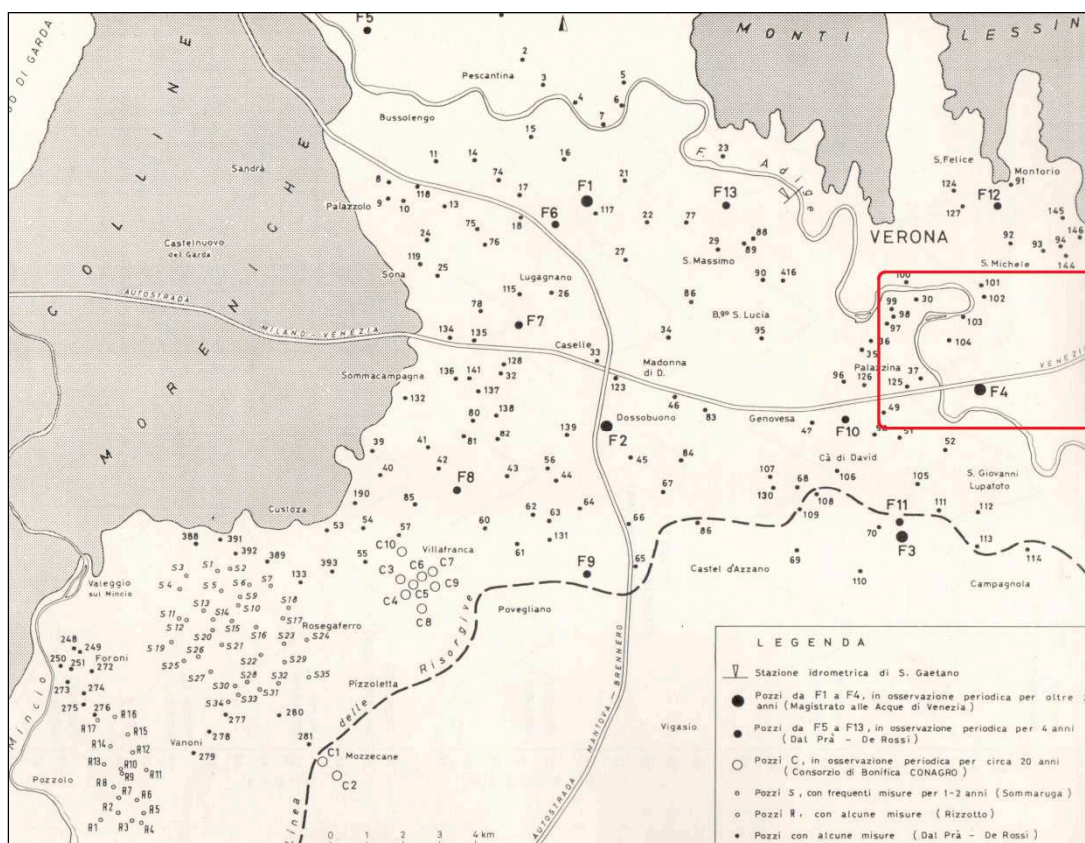
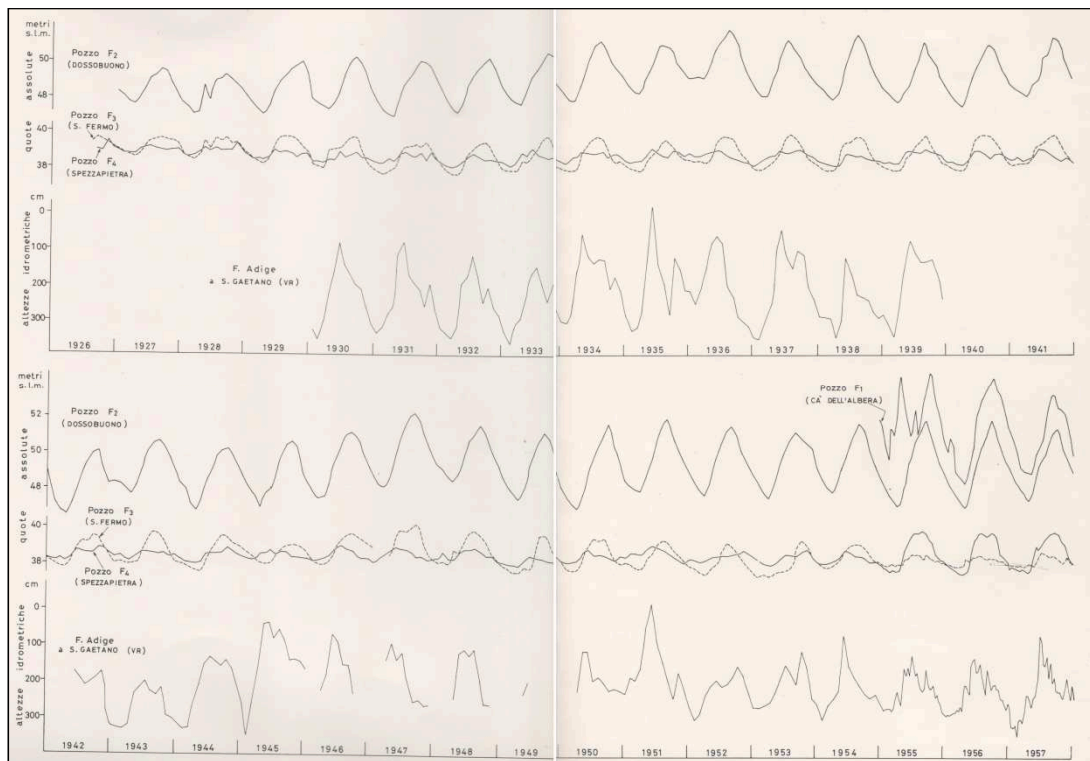


Figura 11 – Ubicazione punti di misura (Dal Prà et Al., 1991)

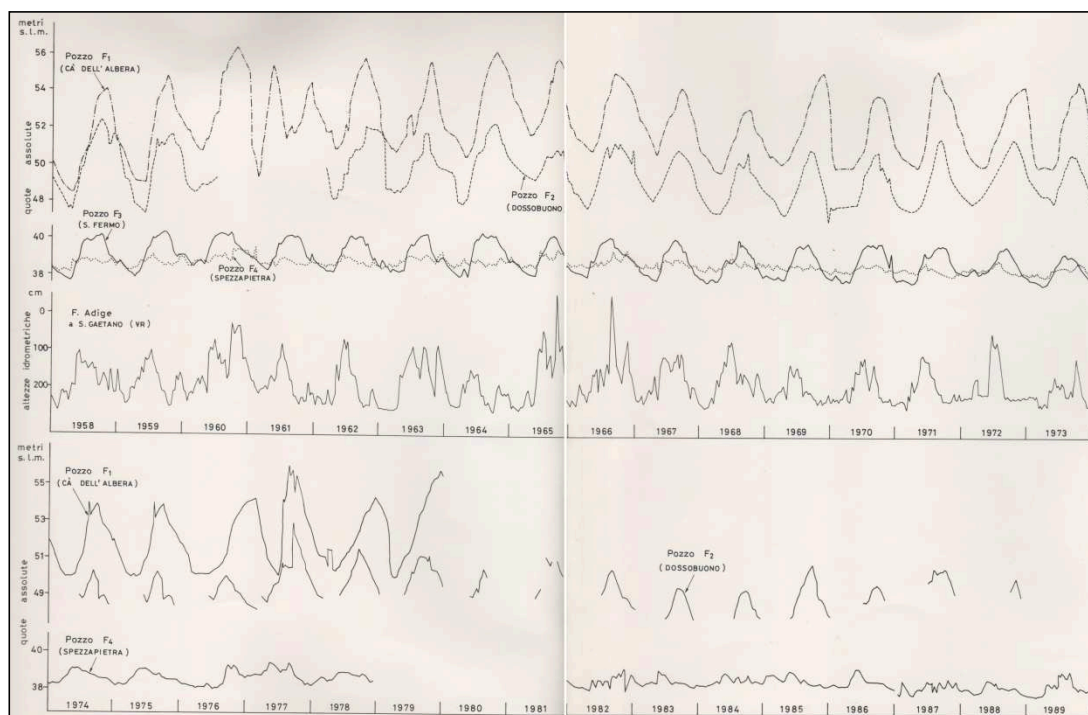
La valutazione di dettaglio del regime della falda è stata effettuata soprattutto con l'elaborazione dei dati freatici relativi ai pozzi osservati per periodi prolungati e con elevata frequenza.

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 (Figure 12 e 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)

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.

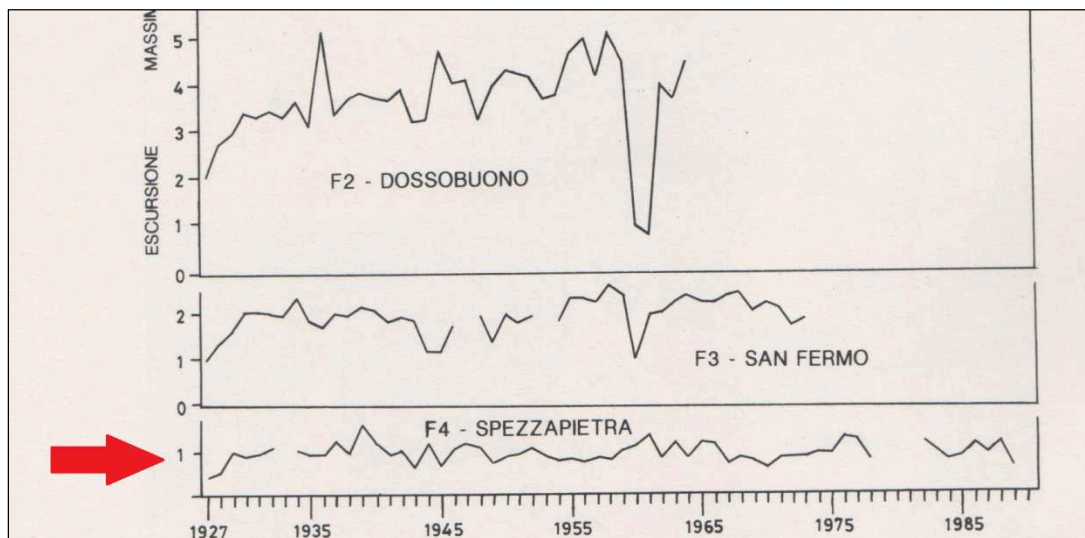
L'analisi complessiva delle misure disponibili indica un comportamento molto simile della falda nei differenti punti di osservazione, caratterizzato ovunque da una fase di piena, normalmente posta nel mese di settembre con frequenti anticipi in luglio e ritardi in ottobre e una di magra normalmente posta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

decreocere 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.

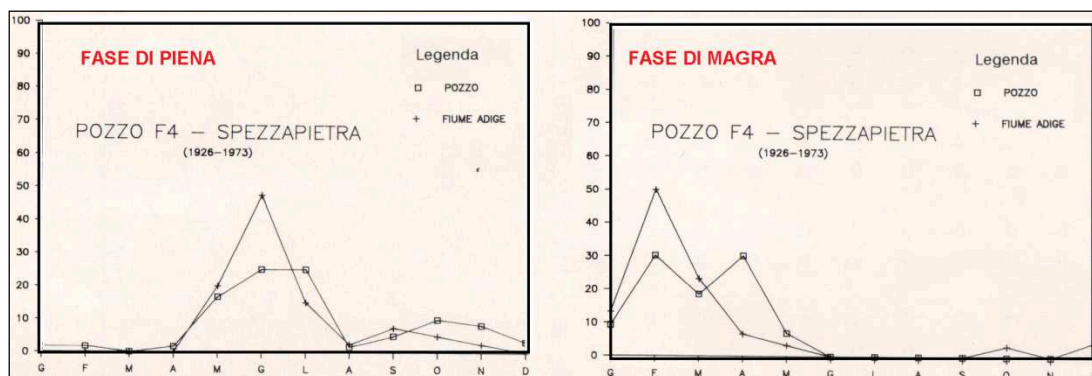


**Figura 14** – Escursione massima annua della falda freatica 1926-1990

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 magra 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.

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

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

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 Figure 17, 18 e 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).

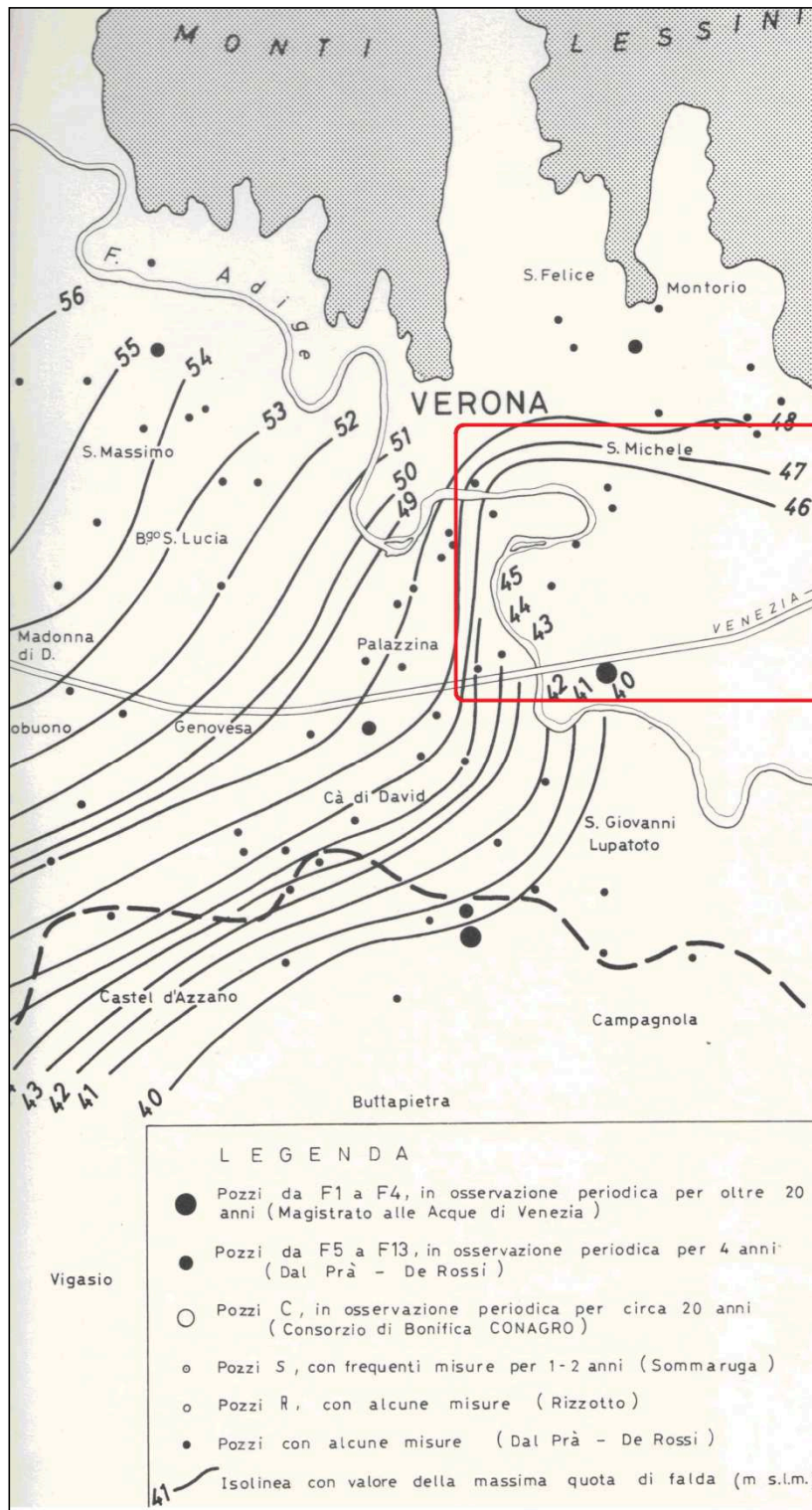
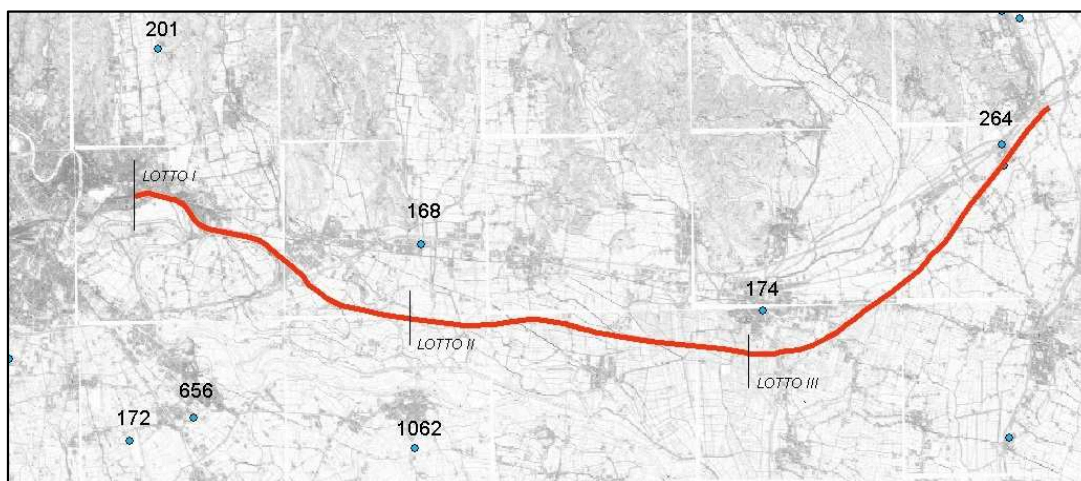
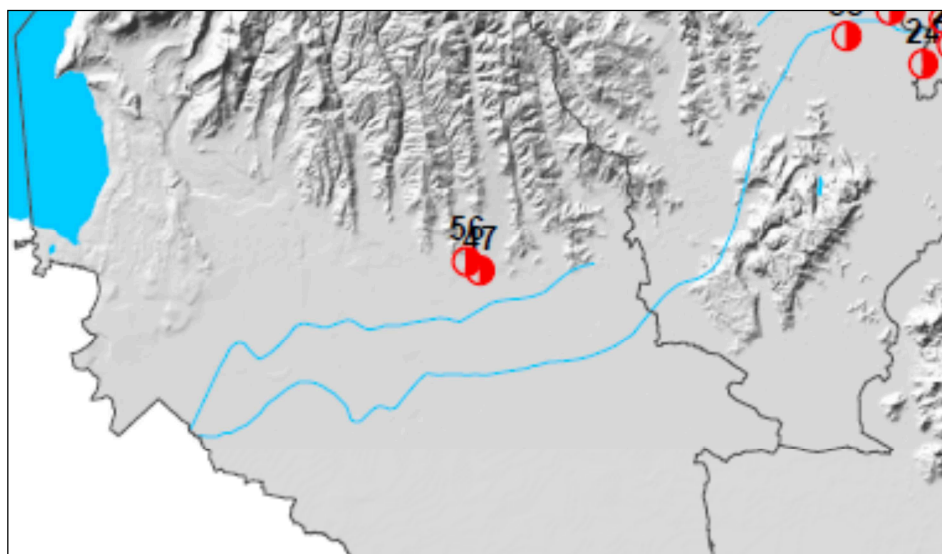


Figura 16 – Carta isopiezometrica di massima quota della falda (Dal Prà, De Rossi, 1991)





**Figura 17** – Rete freaticometrica Provincia di Verona)

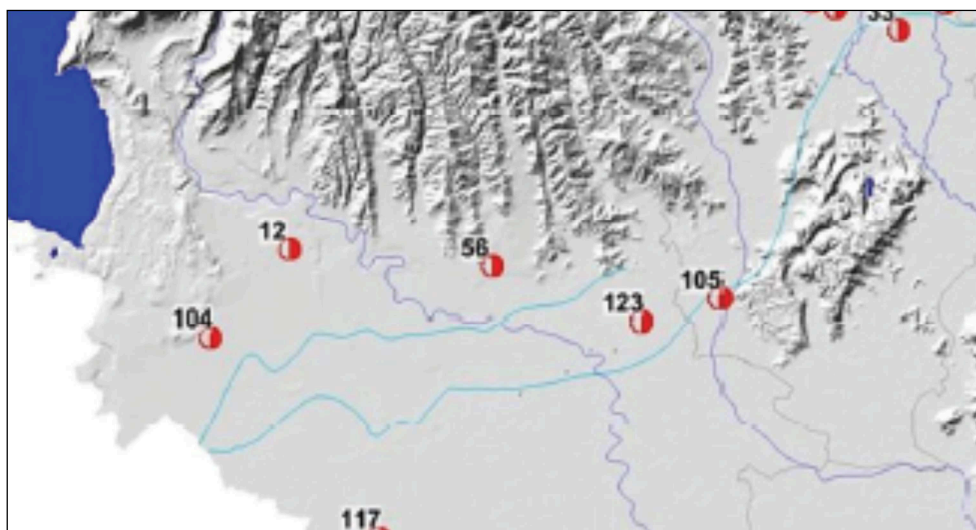


**Figura 18** – Rete freaticometrica regionale periodo 1984-2006 (Da ARPAV)

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);

- 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)

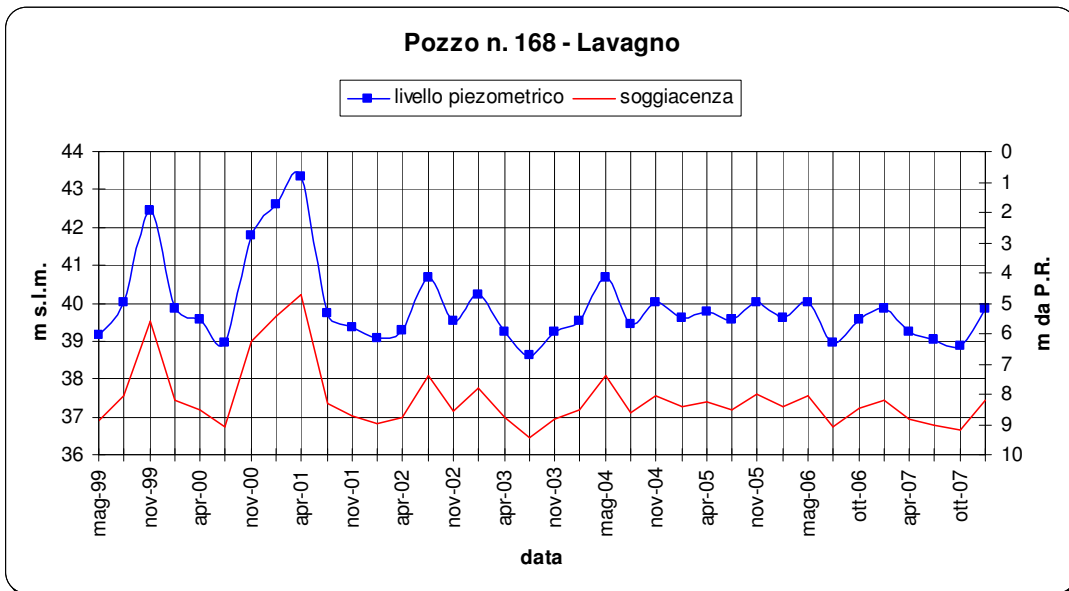


**Figura 19** – Rete freaticometrica regionale periodo 2005-2013 (Da ARPAV)

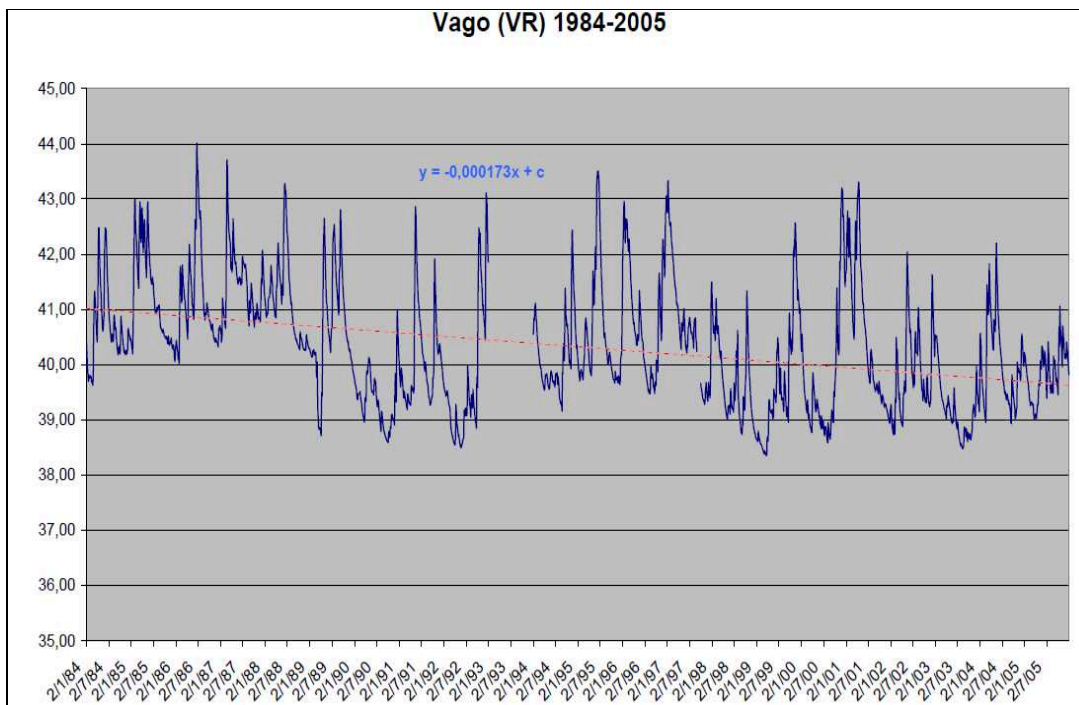
Le oscillazioni freatiche riscontrate nei succitati punti di monitoraggio sono riportate nelle seguenti Figure 20÷28.

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'Ilasi, 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)

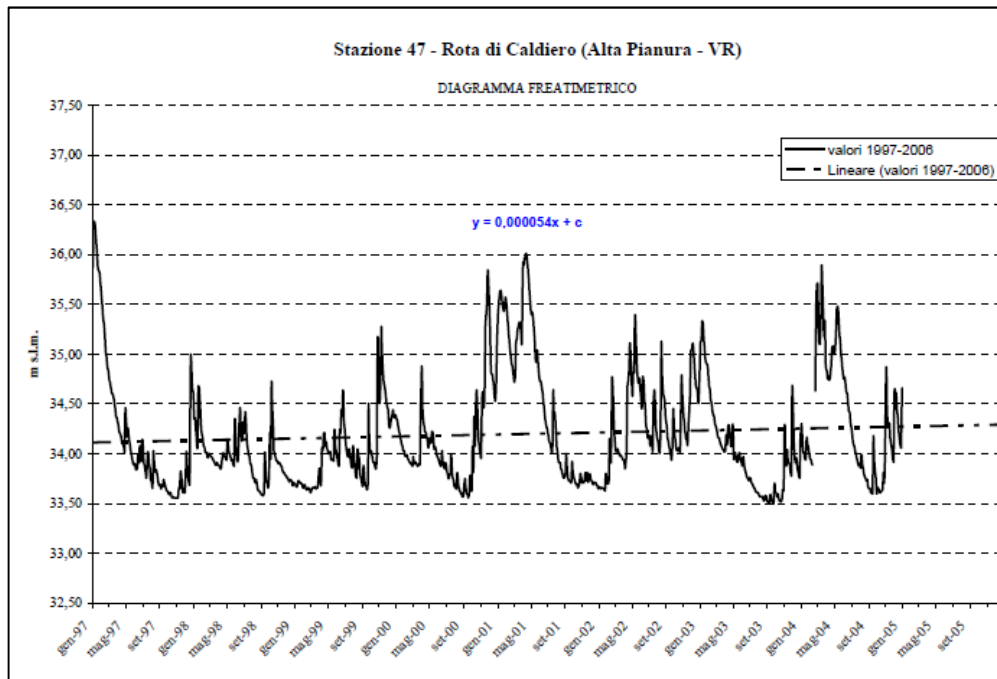


Figura 22 – Oscillazione freatica nel pozzo n. 47 di Rota di Caldiero (1997-2005)

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.

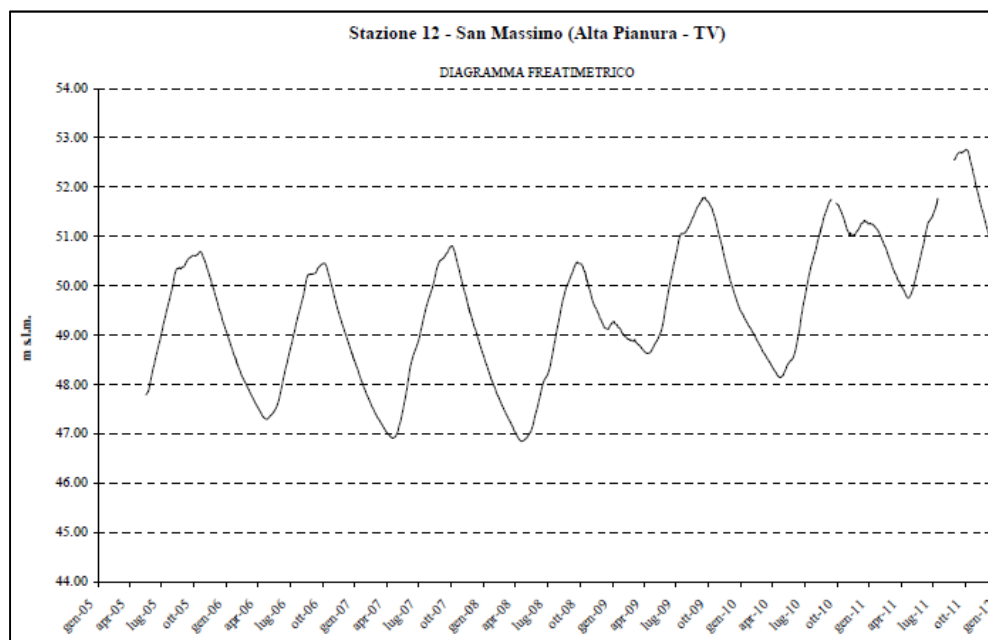


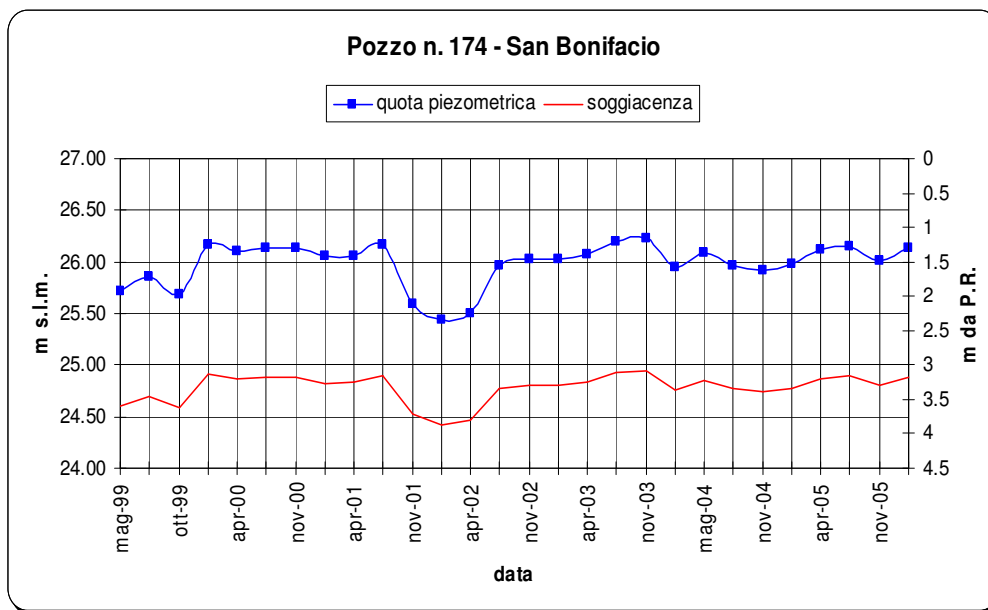
Figura 23 – Oscillazione freatica nel pozzo n. 12 San Massimo (2005-2012)

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 (Figure 26 e 27) e n. 264 di Montebello Vicentino (Figura 28).

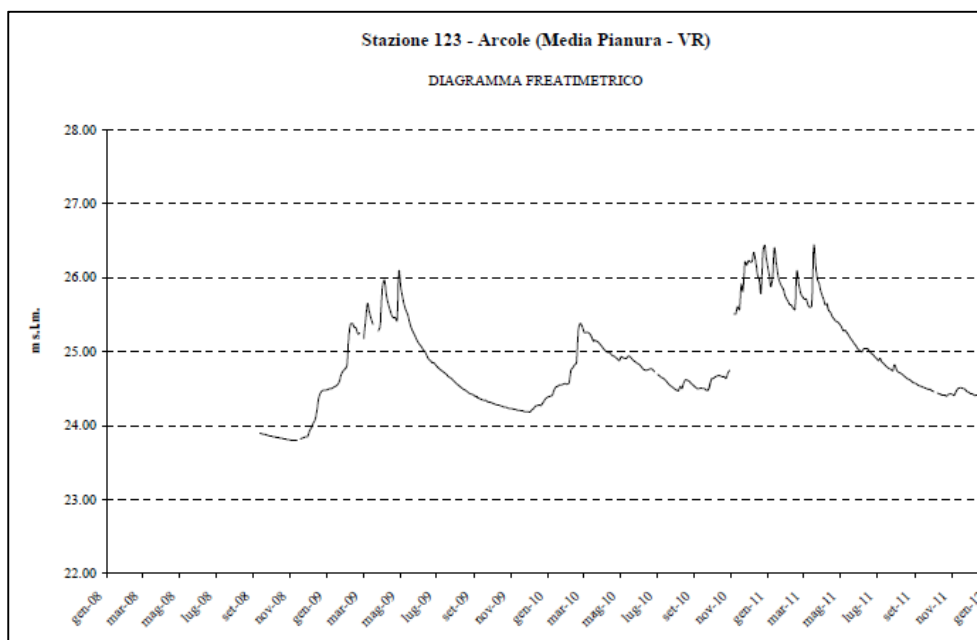
In questi pozzi, per la maggior parte ubicati nell'unità idrogeologica Alpone-Chiampo-Agno, si ha una combinazione delle caratteristiche analizzate in precedenza con un andamento ciclico al quale si sovrappongono evidenti picchi in risalita della falda dovute agli afflussi meteorici.

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 pozzo n. 123 e 153, a 1 m nel pozzo n. 105 e a valori inferiori al metro nel pozzo n. 174 di San Bonifacio.

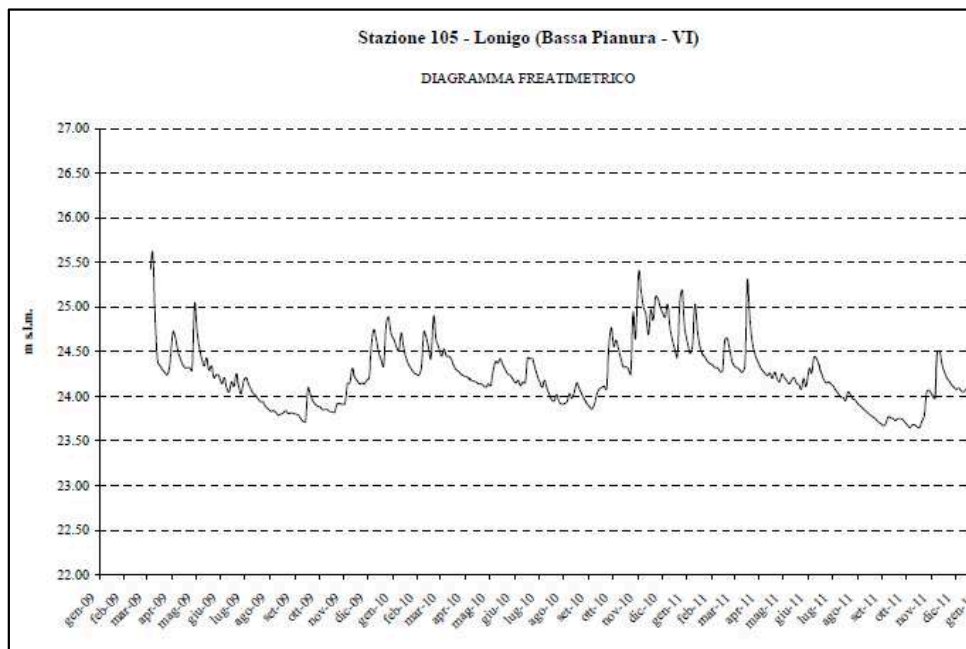
Tali valutazioni vanno tuttavia utilizzate con cautela in quanto da commisurare alla limitata estensione temporale del monitoraggio freaticometrico effettuato in questi punti di controllo.



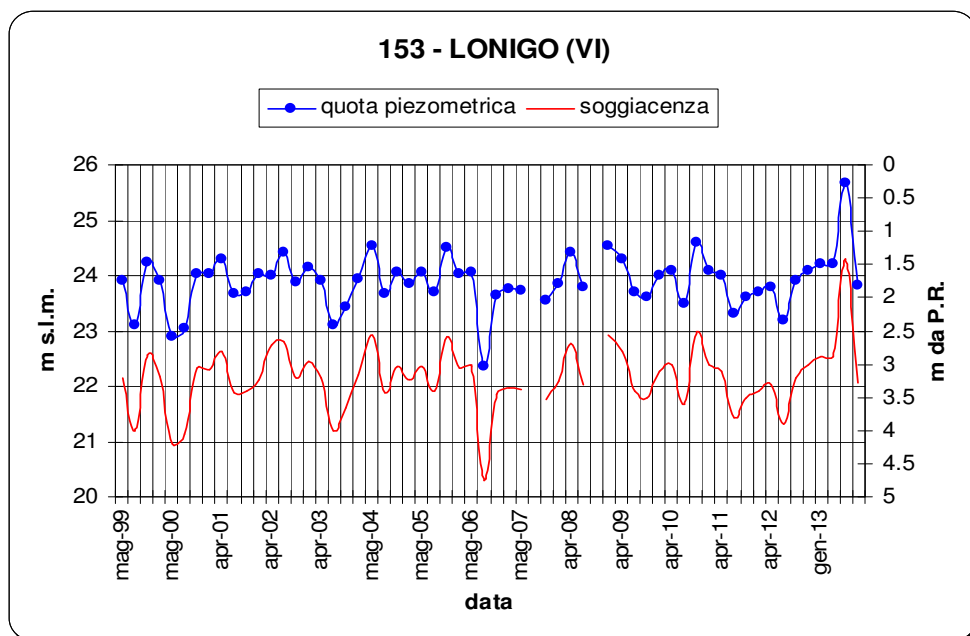
**Figura 24** - Oscillazione freatica nel pozzo n. 174 di San Bonifacio (1999-2005)



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



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

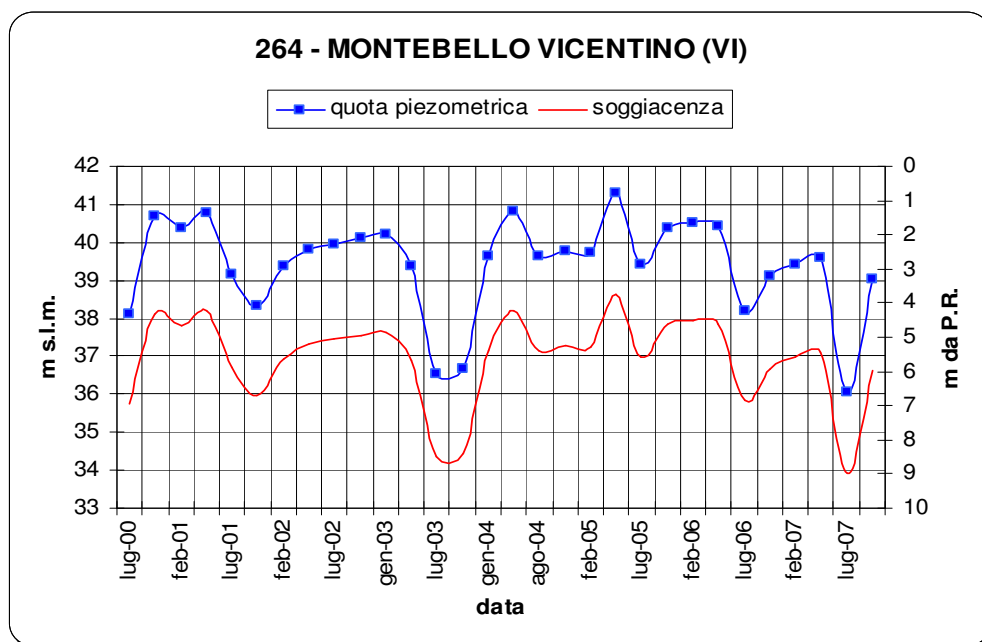


**Figura 27** - Oscillazione freatica nel pozzo n. 153 di Lonigo (1999-2013)

Maggiori escursioni, simili a quelle caratteristiche dei pozzi di Lavagno e Caldiero, si riscontrano invece nel pozzo n. 264 di Montebello Vicentino in IN0D00DI2RHGE0002001A

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)

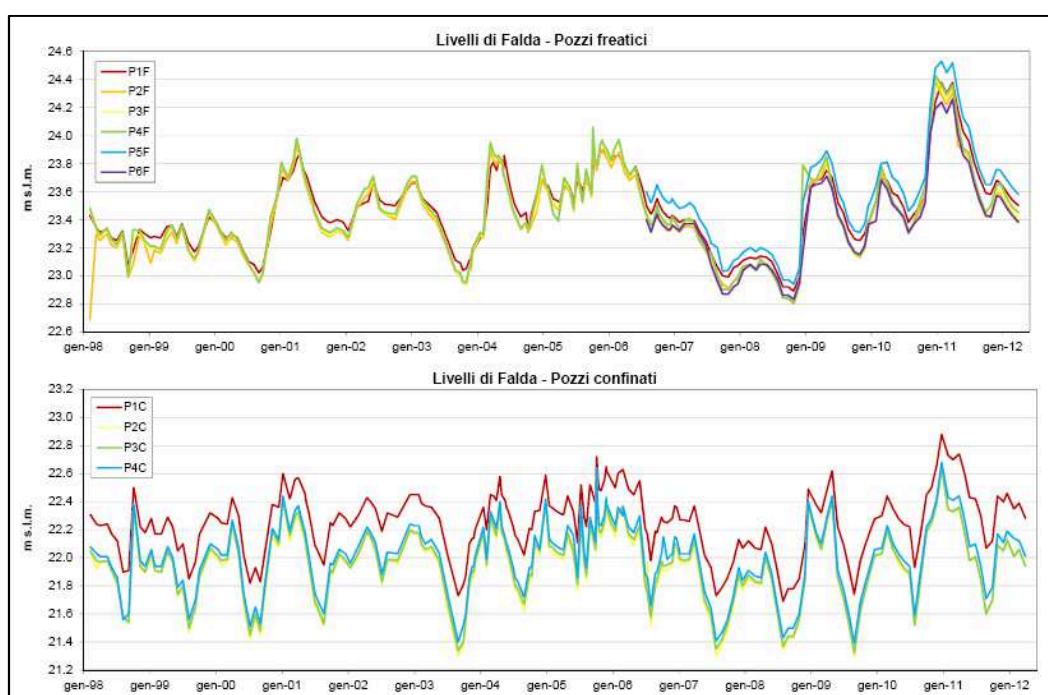
Ulteriori informazioni di dettaglio circa l'oscillazione freatica misurata in Comune di San Bonifacio, si possono trarre dalle relazioni redatte a corredo dei progetti di realizzazione e di chiusura di alcune discariche ubicate presso la località Lionello, posta circa 800 m a Nord del tracciato ferroviario 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 registrano 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 verificatesi 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.

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.

ID	BACINO IDROGEOLOGICO E STAZIONE	Anno dell'inizio delle osservazioni	TASSO DI VARIAZIONE TENDENZIALE					VARIAZIONE TENDENZIALE			
			5 anni periodo	10 anni periodo	20 anni periodo	40 anni periodo	10 anni periodo	5 anni periodo	10 anni periodo	20 anni periodo	40 anni periodo
			2007-2011 cm/anno	2002-2011 cm/anno	1992-2011 cm/anno	1972-2011 cm/anno	1997-2006 cm/anno	2007-2011 m	2002-2011 m	1992-2011 m	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	—	—	—

**Tabella 2** – Tassi di variazione tendenziale dei livelli di falda

  <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 52 di 166

#### 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), 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 rinvengono 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.



 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 53 di 166

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

- l'elenco delle indagini geognostiche sinora effettuate nel 2002, per il progetto preliminare dell'opera e nel 2014-2015 per il progetto definitivo;
- 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.

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

- **Lotto costruttivo 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.
- **Lotto costruttivo 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'Illassi-Prognolo.
- **Lotto costruttivo 3** - compreso tra i Km 19+159 e 32+460, tra i Comuni di S. Bonifacio, Lonigo e Montebello Vicentino. In questa tratta è prevista la realizzazione di viadotti in corrispondenza del Torrente Alpone e di San Bonifacio.

 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 54 di 166

## 4.1 LOTTO COSTRUTTIVO 1

### 4.1.1 INDAGINI E PROVE ESEGUITE

Il 1° lotto costruttivo comprende la tratta compresa tra le progressive km 0+000 e km 10+045.

Le indagini geognostiche eseguite nella tratta in oggetto o nelle sue immediate vicinanze sono le seguenti:

- SP1, SP1BIS, SP6, SP11, SP14, SP14BIS: sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con tubo cieco per prove Cross Hole, eseguiti nel 2014-2015;
- 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;
- SA203R003, SA203B006: sondaggi geognostici a carotaggio continuo eseguiti nel 2002;
- XA203B004, XA203B005, XA203P008, XA203P009: sondaggi geognostici a carotaggio continuo con installazione di piezometro a tubo aperto, eseguiti nel 2002;
- 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

IN0D00DI2RHGE0002001A

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: km 1+070  
quota piano campagna: n.d.  
profondità: 15 m

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: **SP11**

anno di perforazione: 2014  
ubicazione approssimativa: km 8+450  
quota piano campagna: 31.30 m s.l.m.  
profondità: 50 m  
tubo pvc ø 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 ø 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.

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*

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)

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: **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: **XA203P009**

anno di perforazione: 2002

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): 1.6 m da bf (rilevata in fase di perforazione il 30.03.2015)

massima quota piezometrica rilevata: n.d.

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.

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

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): 8.20 m da pc (13.11.2014)  
massima quota piezometrica rilevata: 34.15 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): 0.60 m da pc (17.12.2014)  
massima quota piezometrica rilevata: 31.80 m s.l.m.

identificativo: **SPCA10 (SPA10)**

anno di perforazione: 2014  
ubicazione approssimativa: km 7+651  
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: 29.90 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: 30.26 m s.l.m.

massima quota piezometrica rilevata nel piezometro superficiale: 30.58 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): 1.16 m da pc (17.12.2014)  
massima quota piezometrica rilevata: 27.64 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): 6.66 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

identificativo: **SDA12**

anno di perforazione: 2014

 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 63 di 166

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**

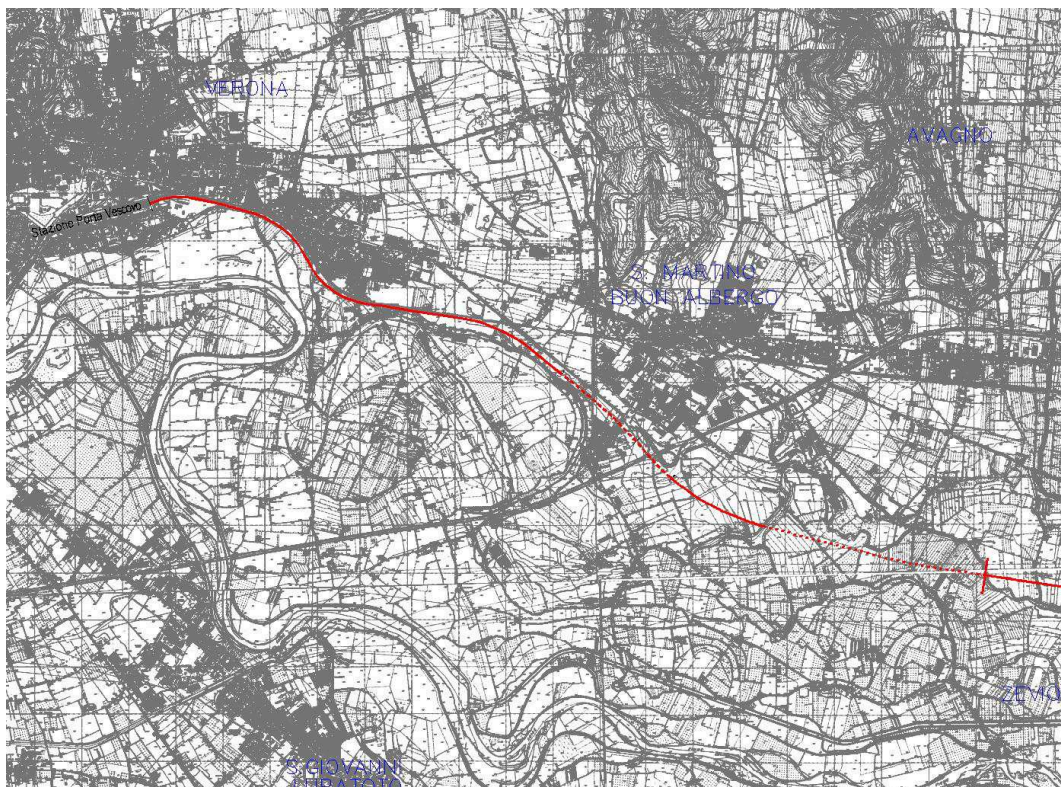
anno di perforazione: 2014  
 ubicazione approssimativa: km 10+050  
 quota piano campagna: 29.104 m s.l.m.  
 profondità: 20 m  
 tratto filtrante: tra 3 e 20 m da b.f.  
 minima soggiacenza rilevata (data della misura): 1.02 m da pc (17.12.2014)  
 massima quota piezometrica rilevata: 28.08 m s.l.m.

#### 4.1.2 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

La tratta oggetto del Lotto costruttivo 1 si sviluppa per una lunghezza di circa 10 km a partire dalla località Borgo Venezia del Comune di Verona, attraverso il Comune di S.Martino Buon Albergo, terminando nel territorio comunale di Zevio (Figura 30).

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 30** – Inquadramento territoriale del Lotto costruttivo 1

Da un punto di vista altimetrico i terrazzi 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 paleovalvei 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 interessato dal Lotto costruttivo 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 IN0D00DI2G5GE0002001 e IN0D00DI2G5GE0002002, 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 rinviene 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-argilloso, 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 semi-confinata 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 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 IN0D00DI2G5GE0002003), 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 aquitardo, 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.

Ulteriori livelli limoso argillosi, che si rinvengono 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 del primo tratto del Lotto costruttivo 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.

Le misure di livello della falda rilevate nei piezometri realizzati lungo il tracciato della linea ferroviaria coprono, al momento, un intervallo temporale di 5 mesi che è insufficiente 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 riconducibile all'anno 2002;
- 6 campagne di misura del livello freatico, eseguite nei piezometri integrativi realizzati nell'ambito del progetto definitivo, nelle date 13 e 26 novembre 2014, 17 dicembre 2014, 19 gennaio 2015, 18 febbraio 2015 e 27 marzo 2015.


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 nella Tabella 4 i valori di soggiacenza rilevati nel corso delle più recenti campagne di misura.

Sondaggio	progressiva	Data del rilievo	Minima Soggiacenza (m)	Quota piezometrica (m slm)
SPA5	5+150	17.12.2014	7.24	39.88
SDC7	5+625	17.12.2014	6.66	39.17
SPA8	6+470	26.11.2014	6.50	37.37
SPA9	7+613	13.11.2014	8.20	34.15
SPCA10	7+651	varie	+1	33.62
SPA9BIS	8+050	17.12.2014	0.60	31.30
SP11	8+450	28.10.2014	0.80	30.50
SPA12BIS	8+850	17.12.2014	0.90	29.90
SDA12	8+860	13.11.2014	0.40	30.74
SPAA13 sup	9+250	17.12.2014	0.54	28.86
SPAA13 pro	9+250	17.12.2014	0.22	29.18
SPA13BIS	9+675	17.12.2014	1.16	28.24
SDA15	10+050	17.12.2014	1.02	28.08
SP14	10+050	26.11.2014	1.70	28.00

**Tabella 3** – Lotto costruttivo 1 – Valori minimi di soggiacenza e quota piezometrica rilevati nei piezometri (2014-2015) ubicati lungo il tracciato

Progressiva	Opera	Sigla	Sondaggio	13/11/2014	26/11/2014	17/12/2014	19/01/2015	18/02/2015	27/03/2015	NOTE
			profondità (m)	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	
1+300	Rilevato	SPA1	20							
1+550	Rilevato (h=8.5m)	SPA2	20							
2+500	Rilevato	SPA3	20							
4+700	Trincea	SPA4	20							
≅5+100	G.Artificiale	SPA5	30	-8,40	-7,26	-7,24	-7,47	-7,40	-7,46	
5+600	G.Artificiale	SDC7	20	-6,85	-6,70	-6,66	-6,90	-6,83	-6,87	
6+500	G.Artificiale	SPA8	30			-6,85	-7,26	-7,20	-7,25	
7+613	CVF (SpN) <sup>(e)</sup>	SPA9	35	-8,20	-9,47	-9,39	-9,60	-9,50	-9,55	
7+651.56 <sup>(e)</sup>	V. Fibbio	SPCA10	50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	ARTESIANA
8+860	V. Fibbio	SDA12	20	-0,40	-0,98	-0,85	-1,08	-1,02	-0,95	
		SPA12bis				-0,90	-1,04	-1,00	-0,95	
9+250 <sup>(e)</sup>	V. Fibbio	SPAA13	50	-0,65	-0,58	-0,54	-0,72	-0,66	-0,70	PIEZOM SUPERFICIALE
	V. Fibbio	SPAA13		-0,40	-0,25	-0,22	-0,43	-0,40	-0,45	PIEZOM PROFONDO
		SPA13bis				-1,16	-1,31	-1,24	-1,33	
10+045.56 <sup>(e)</sup>	V. Fibbio	SDA15	50		-1,70	-1,02	-1,21	-1,15	-1,17	
8+050	V. Fibbio	SPA9bis	40		-1,60	-0,60	-0,83	-0,78	-1,46	

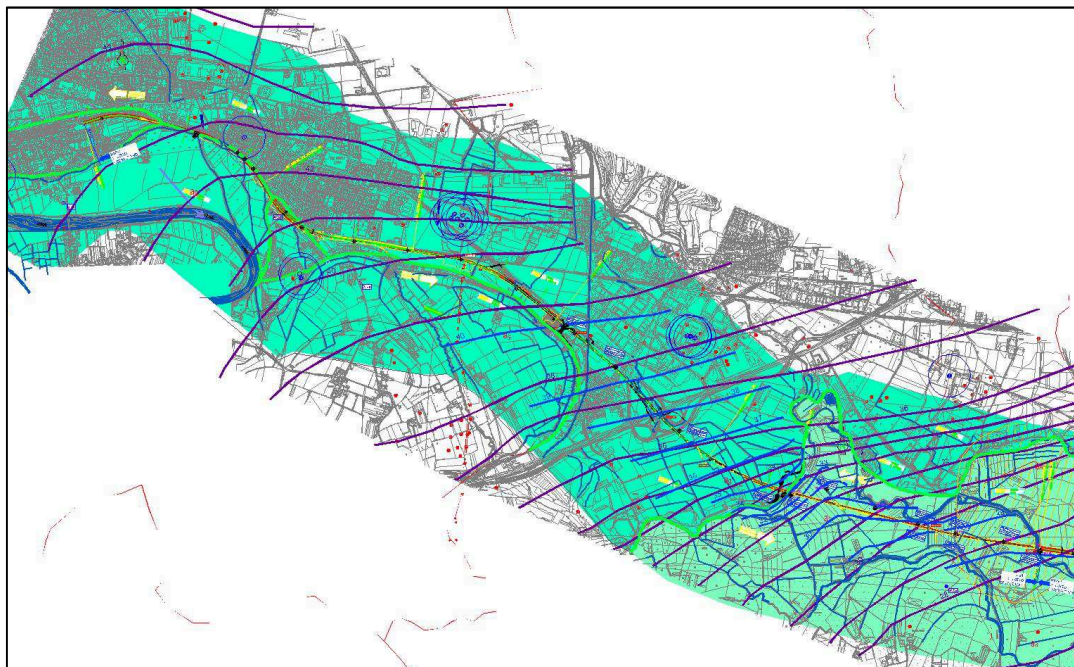
  	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 69 di 166

**Tabella 4** – Lotto costruttivo 1– Rilievi piezometrici periodo novembre 2014 – marzo 2015

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 IN0D00DI2G5GE0002001, IN0D00DI2G5GE0002002 e IN0D00DI2G5GE0002003 e nello stralcio in Figura 31. 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 oggetto del Lotto costruttivo 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 lotto, 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.



**Figura 31** – Superficie piezometrica della falda nell'intorno del Lotto costruttivo 1

In base a queste misure è stata ipotizzata anche una superficie piezometrica che tuttavia 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

  <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 71 di 166

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 indicazioni temporalmente più 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, 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 evidenziato 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, sia in ambito di progetto preliminare che definitivo.

Nella seguente Tabella 5 sono riassunti i dati ricavati da tutte le prove al momento 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  $1 \cdot 10^{-4}$  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  $1 \cdot 10^{-5}$  m/s.

I valori desunti dalla 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.

Sondaggio	Profondità (m da p.c.)	Litologia	Conducibilità idraulica (m/s)
XA203B004	13.75-14.55	Sabbia limosa	$1.03 \cdot 10^{-5}$
SPA5	10.5-11	Ghiaia sabbiosa	$4.26 \cdot 10^{-5}$
	18-18.7	Ghiaia sabbiosa	$2.81 \cdot 10^{-5}$
SDC7	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	$1.02 \cdot 10^{-5}$
XA203B005	19.5-20	Sabbia limosa ghiaiosa	$1.13 \cdot 10^{-5}$
SPA8	7.5-8	Ghiaia sabbiosa	$1.15 \cdot 10^{-4}$
	13.5-14	Sabbia ghiaiosa	$6.73 \cdot 10^{-5}$
SA203B006	23-24	Sabbia deb. limosa	$2.76 \cdot 10^{-5}$
XA203P008	10.5-11.5	Sabbia deb. limosa	$9.92 \cdot 10^{-6}$
XA203P009	9.5-10	Sabbia	$1.17 \cdot 10^{-5}$

**Tabella 5** – Risultati delle prove Lefranc eseguite nel Lotto costruttivo 1



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

 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 74 di 166

#### 4.1.3 VALUTAZIONE DELL'INNALZAMENTO DELLA FALDA ATTESO A MEDIO E 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 Lotto costruttivo 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'Illassi, 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), si suggerisce di utilizzare un franco di sicurezza all'incirca analogo sia sul medio che sul lungo termine, considerando i seguenti valori:

- falda di progetto a medio termine (un anno): +4 m rispetto alla massima quota piezometrica rilevata nel periodo novembre 2014 – marzo 2015;
- falda di progetto a lungo termine: +4.5 m rispetto alla minima soggiacenza rilevata nel periodo novembre 2014 – marzo 2015;

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.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 76 di 166

## 4.2 LOTTO COSTRUTTIVO 2

### 4.2.1 INDAGINI E PROVE ESEGUITE

Il secondo lotto costruttivo è individuato tra le progressive chilometriche 10+045 e 19+159.

Nel corso della progettazione, a seguito della cosiddetta variante S. Bonifacio (tra le progressive 12+600 e 28+877) buona parte del tracciato del secondo Lotto costruttivo è stato modificato, soprattutto nel tratto finale compreso tra le progressive 15+800 e 19+159.

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.

Le indagini effettuate lungo la tratta definitiva o nelle immediate vicinanze sono le seguenti:

SPA16, SPAA19, SPA20, SPA20BIS, SPA21, SPA23, SPA24, BH1V, BH2V, BH4V: 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;

XA203P010, XA203C011: sondaggi geognostici a carotaggio continuo con installazione di piezometro a tubo aperto, eseguiti nel 2002;

SP17, SP22, BH3V, BH6V: sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con tubo cieco per prove Cross Hole eseguiti nel 2014-2015

SP24BIS, SP24TER, BH5V: sondaggi a carotaggio continuo, eseguiti nel 2014-2015;

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:

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 Cross Hole*

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.

*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: **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): 1.92 m da pc (27.03.2015)

massima quota piezometrica: 27.92 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

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+302

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+505

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.



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): 1.29 m da pc (27.03.2015)

massima quota piezometrica: 22.09 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): 1.20 m da pc (15.04.2015)

massima quota piezometrica: 21.27 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): 1.30 m da pc (28.03.2015)

massima quota piezometrica: 20.95 m s.l.m.

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): 0.95 m da pc (28.03.2015)

massima quota piezometrica: 20.64 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

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.

*Sondaggi a carotaggio continuo*

identificativo: **SP24BIS**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 16+500

quota piano campagna: 23.00 m s.l.m.

profondità: 35 m

identificativo: **SP24TER**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 16+850

quota piano campagna: 21.67 m s.l.m.



profondità: 35 m

identificativo: **BH5V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 18+720

IN0D00DI2RHGE0002001A

 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 84 di 166

quota piano campagna: 22.038 m s.l.m.

profondità: 25 m

*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): 2.55 m da pc (27.03.2015)

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

#### 4.2.2 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

Nel tratto in esame, l'opera ha una lunghezza di circa 10 km e interessa i territori comunali di Zevio, Caldiero, Belfiore e S. Bonifacio (Figura 32).

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..

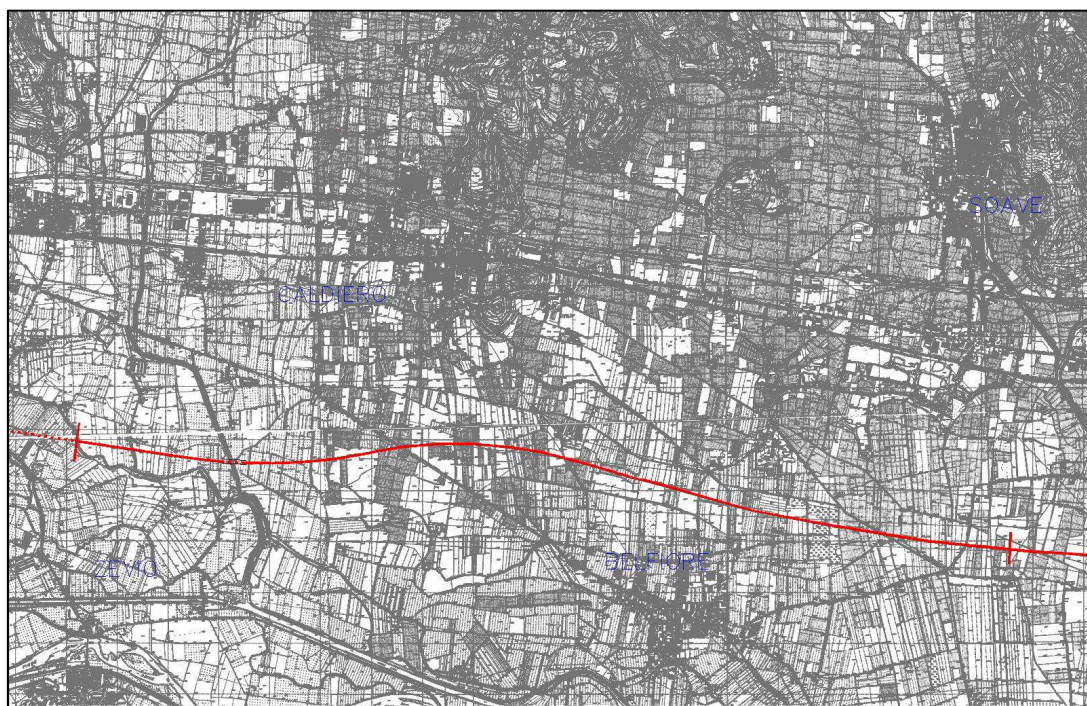
Il tracciato si sviluppa quasi esclusivamente al di sopra del terrazzo morfologico del Diluvium tardivo (FgWt), altimetricamente ribassato di circa 10 m, rispetto al terrazzo del Diluvium recente (FgW).

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 32** – Inquadramento territoriale del Lotto costruttivo 2

Come evidenziato dalle sezioni idrogeologiche (elaborati IN0D00DI2G5GE0002003, IN0D00DI2G5GE0002004 e IN0D00DI2G5GE0002005), lungo tutta la tratta del Lotto costruttivo 2, le caratteristiche litologiche del sottosuolo sono contraddistinte da una prima coltre  
IN0D00DI2RHGE0002001A

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 rinvengono, 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 s.s., a maggiore profondità non si

  <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 87 di 166

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.

Le misure di livello della falda rilevate nei piezometri realizzati lungo il tracciato della linea ferroviaria coprono un intervallo temporale di 5 mesi, con la sola esclusione dei piezometri realizzati per la variante di San Bonifacio (identificati dalla sigla BH) per i quali sono state effettuate ulteriori 8 campagne di misura nei mesi di aprile e maggio 2015.

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 riconducibile all'anno 2002;
- 6 campagne di misura del livello freatico, eseguite nei piezometri integrativi realizzati nell'ambito del progetto definitivo, nelle date 13 e 26 novembre 2014, 17 dicembre 2014, 19 gennaio 2015, 18 febbraio 2015 e 27 marzo 2015;
- 7 campagne di misura del livello freatico, eseguite nei piezometri realizzati nel tratto della variante di San Bonifacio nell'ambito del progetto definitivo, nelle date 15, 21 e 25 aprile 2015 e 2, 9, 16, 20 maggio 2015.

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 delle più recenti campagne di misura.

Per quanto attiene la morfologia della superficie piezometrica, dalle Tavole IN0D00DI2G5GE0002003, IN0D00DI2G5GE0002004 e IN0D00DI2G5GE0002005 (stralcio in Figura 33) e dalla carta piezometrica del PTCP della Provincia di Verona (stralcio in Figura 5), si evidenzia un flusso idrico sotterraneo che nel primo tratto del Lotto costruttivo 2, compreso tra le progressive 10+045 e 10+500 manifesta una direzione NW-SE.

Nel tratto successivo, in ragione della presenza del marcato asse di drenaggio del Tramigna, la direzione ruota progressivamente in senso orario sino a disporsi N-S nel tratto terminale del Lotto costruttivo 2, all'incirca a partire dal km 17+000.

Sondaggio	progressiva	Data del rilievo	Minima Soggiacenza (m)	Quota piezometrica (m slm)
SPA16	10+550	27.03.2015	1.92	27.92
SDA18	11+474	27.03.2015	2.55	27.25
SPAA19 sup	11+712	17.12.2014	1.05	27.03
SPAA19 prof.	11+712	17.12.2014	1.10	26.98
SPA20	12+031	13.11.2014	1.80	26.87
SPA20BIS	12+302	17.12.2014	0.25	26.19
SPA21	12+505	17.12.2014	0.30	26.05
SPA23	14+870	17.12.2014	1.13	23.01
SPA24	16+195	27.03.2015	1.29	22.09
BH1V	16+205	15.04.2015	1.20	21.27
BH2V	16+500	28.03.2015	1.30	20.95
SPA25	fuori asse	17.12.2014	0.30	21.46
BH4V	17+650	30.03.2015	0.95	20.64
SPA27	fuori asse	17.12.2014	0.56	21.40
SPC28	18+050	12.11.2014	0.20	21.55

**Tabella 6** – Lotto costruttivo 2 – Valori minimi di soggiacenza rilevati nei piezometri 2014-2015 realizzati lungo il tracciato

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

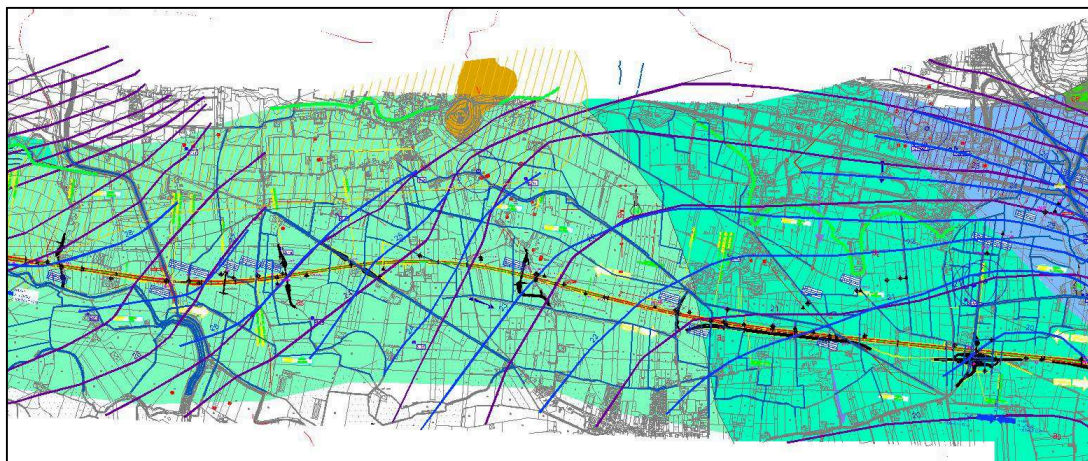


dello 0.1% (o anche inferiori nei settori più a Sud del tracciato ferroviario) lungo l'asse principale di drenaggio della falda.

Progressiva	Opera	Sigla	Sondaggio - profondità (m)	13/11/2014	26/11/2014	17/12/2014	19/01/2015	18/02/2015	27/03/2015	
				m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	
10+550	CVF (SpN)	SPA16	50					-2,02	-1,92	misura del 19.02.2015
11+474.63	Ponte Illasi	SDA18						-2,63	-2,55	misura del 19.02.2015
11+712.74 <sup>(6)</sup>	Ponte Illasi	SPAA19	50		-1,14	-1,05	-1,38	-1,30	-1,36	PIEZOM SUPERFICIALE
					-1,16	-1,10	-1,49	-1,45	-1,50	PIEZOM PROFONDO
12+031	Sottovia	SPA20	20	-1,80	-2,02	-1,87	-2,20	-2,11	-2,05	
<b>12+302.23</b>	Ponte sul canale	SPA20bis	30		-0,28	-0,25	-0,50	-0,45	-0,36	
12+505	CVF (SpN) <sup>(6)</sup>	SPA21	35	-1,20	-0,50	-0,30	-0,61	-0,56	-0,48	
14+870	CV Buggia (SpS) <sup>(6)</sup>	SPA23	20		-1,33	-1,13	-1,52	-1,44	-1,28	misura del 19.02.2015
16+195	Sottovia	SPA24	20					-1,35	-1,29	
16+500	Sottovia	BH2V	30						-1,30	misura del 28.03.2015
fuori asse	Sottovia	SPA25	20			-0,30	-0,65	-0,58	-0,46	
17+650	Sottovia	BH4V	25						-0,95	misura del 28.03.2015
fuori asse	Sottovia	SPA27	20		-0,65	-0,56	-0,83	-0,76	-0,65	

Progressiva	Sigla	Sondaggio - profondità	15/04/2015	21/04/2015	25/04/2015	02/05/2015	09/05/2015	16/05/2015	20/05/2015
			m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.
16+205	BH1V	30	-1,2	-1,24	-1,26	-1,25	-1,28	-1,29	-1,29
16+500	BH2V	30	-1,33	-1,33	-1,35	-1,32	-1,36	-1,39	-1,4
17+650	BH4V	25	-1,03	-1,03	-1,06	-1,03	-1,03	-1,04	-1,06

**Tabella 7 – Lotto costruttivo 2 – Rilievi piezometrici novembre 2014 – maggio 2015**



**Figura 33 – Superficie piezometrica della falda nell'intorno del Lotto costruttivo 2**

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

La ricostruzione piezometrica eseguita utilizzando i massimi valori di quota piezometrica presenta alcune approssimazioni in ragione del fatto che per alcuni piezometri, in particolare per quelli identificati dalla sigla BH, si dispone di misure che, non essendo state rilevate nel mese di massimo innalzamento della falda, sono difficilmente correlabili con quelle rilevate in piezometri limitrofi per i quali si dispone anche dei dati del novembre-dicembre 2014.

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.

Le misure di livello della falda rilevate nei piezometri realizzati lungo il tracciato della linea ferroviaria coprono, al momento, un intervallo temporale che è insufficiente per poter effettuare valutazioni relative sia alle possibili fluttuazioni del livello freatico sia alla direzione locale del flusso idrico sotterraneo.

Per avere indicazioni temporalmente più 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, e tuttavia presumibile 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 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.

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	$1.36 \cdot 10^{-5}$

**Tabella 8** – Risultati delle prove Lefranc eseguite nel Lotto costruttivo 2

Si ribadisce che tali valori sono verosimilmente affetti da una marcata sottostima connessa alla tipologia di prova e pertanto, come già evidenziato in precedenza, in assenza di dati ricavati da test di pompaggio, 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

Un ulteriore peculiarità idrogeologica che interessa il tratto in esame e in parte anche quello del Lotto costruttivo 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° C) è noto 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° a 16°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 IN0D00DI2G5GE0002003 e IN0D00DI2G5GE0002004

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 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

  <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 93 di 166

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  $^{14}\text{C}$  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 E LUNGO TERMINE**

La valutazione della falda di progetto a medio e lungo termine per il Lotto costruttivo 2, può essere effettuata analizzando le oscillazioni freaticometriche



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 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 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 Lotto costruttivo 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.

 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 95 di 166

### 4.3 LOTTO COSTRUTTIVO 3

#### 4.3.1 INDAGINI E PROVE ESEGUITE

Il Lotto costruttivo 3 comprende la tratta compresa tra le progressive 19+159 e 32+460.

Nel corso della progettazione, a seguito della cosiddetta variante S. Bonifacio (tra le progressive 12+600 e 28+877) buona parte del tracciato del terzo Lotto costruttivo 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.

Le indagini effettuate lungo la tratta definitiva o nelle immediate vicinanze sono le seguenti:

BH8V, BH10V, BH12V, BH15V, BH18V, BH19V, BH27V, SPA37, SPA38, SPA40, BH29V, SPC41, BH30V, SPC42, SPC43, SPC44, SPC45, SPC46, SPC47: 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;

BH7V, BH9V, BH11V, BH13V, BH17V, BH23V, BH26V, BH28V: sondaggi a carotaggio continuo, eseguiti nel 2015;

XA203OO13: sondaggio geognostico a carotaggio continuo con installazione di piezometro a tubo aperto, eseguito nel 2002;

BH14V, BH16V, BH24V: sondaggi a carotaggio continuo attrezzati per esecuzione di prove cross-hole, eseguiti nel 2014;

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

SPAA29, SPAA31, SPA35, SPA36: 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.

*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 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.

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

identificativo: **BH16V**  
anno di perforazione: 2015  
ubicazione approssimativa: km 22+370  
quota bocca foro: 25.099 m s.l.m.  
profondità: 50 m

identificativo: **BH24V**  
anno di perforazione: 2015  
ubicazione approssimativa: km 24+980  
quota piano campagna: 28.402 m s.l.m.  
profondità: 50 m  
tubo pvc ø 3" per Cross Hole fino a 35 m da p.c.

### *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.

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: **BH13V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 21+260

quota piano campagna: 26.121 m s.l.m.

profondità: 50 m

identificativo: **BH17V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 22+780

quota piano campagna: 25.122 m s.l.m.

profondità: 50 m

identificativo: **BH23V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 24+800  
quota piano campagna: 28.924 m s.l.m.  
profondità: 50 m

identificativo: **BH26V**

anno di perforazione: 2015  
ubicazione approssimativa: km 25+850  
quota piano campagna: 27.303 m s.l.m.  
profondità: 20 m

identificativo: **BH28V**

anno di perforazione: 2015  
ubicazione approssimativa: km 27+300  
quota piano campagna: 28.521 m s.l.m.  
profondità: 20 m

*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.  
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.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 101 di 166

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

IN0D00DI2RHGE0002001A

quota piano campagna: 28.339 m s.l.m.

quota bocca foro: 28.428 m s.l.m.

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: **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**

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.

identificativo: **BH18V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 23+200

quota piano campagna: 27.417 m s.l.m.

profondità sondaggio: 50

tratto di posa della cella Casagrande: tra 48 e 50 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata nel piezometro (data della misura): 6.05 m da pc (28.03.2015)

massima quota piezometrica rilevata nel piezometro: 21.37 m s.l.m.

identificativo: **BH19V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 23+670

quota piano campagna: 27.946 m s.l.m.

profondità sondaggio: 50 m

tratto filtrante: tra 36 e 50 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 3.90 m da pc (28.03.2015)

massima quota piezometrica rilevata nel piezometro: 24.05 m s.l.m.

identificativo: **SPA35**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 470 m all'altezza del km 26+300

quota piano campagna: 30.80 m s.l.m.

profondità: 20 m

tratto filtrante: tra 3 e 15 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.78 m da pc (17.12.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 30.02 m s.l.m.

identificativo: **BH27V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 26+660

quota piano campagna: 28.521 m s.l.m.

profondità sondaggio: 20

tratto di posa della cella Casagrande: tra 18 e 20 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata nel piezometro (data della misura): 1.15 m da pc (28.03.2015)

massima quota piezometrica rilevata nel piezometro: 27.37 m s.l.m.

identificativo: **SPA36**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: piezometro fuori asse di 300 m all'altezza del km 26+800

quota piano campagna: 31.31 m s.l.m.

profondità: 35 m

tratto filtrante: tra 6 e 15 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 2.77 m da p.c. (17.12.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 28.54 m s.l.m.

identificativo: **SPA37**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 27+450



quota piano campagna: 30.96 m s.l.m.  
profondità: 20 m  
tratto filtrante: tra 6 e 15 m da p.c.  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 2.09 m da p.c. (17.12.2014)  
massima quota piezometrica rilevata: 28.87 m s.l.m.

identificativo: **SPA38**

anno di perforazione: 2014  
ubicazione approssimativa: km 27.600  
quota piano campagna: 34.05 m s.l.m.  
profondità: 25 m  
tratto filtrante: tra 9 e 15 m da p.c.  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 4.82 m da p.c. (27.03.2015)  
massima quota piezometrica rilevata: 29.23 m s.l.m.

identificativo: **SPA40**

anno di perforazione: 2014  
ubicazione approssimativa: km 27+950  
quota piano campagna: 31.71 m s.l.m.  
profondità: 20 m  
tratto filtrante: tra 3 e 15 m da p.c.  
minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.70 m da p.c. (13.11.2014)  
massima quota piezometrica rilevata: 31.01 m s.l.m.

identificativo: **BH29V**

anno di perforazione: 2015  
ubicazione approssimativa: km 28+320  
quota piano campagna: 33.47 m s.l.m.  
profondità sondaggio: 25  
tratto di posa della cella Casagrande: tra 18 e 20 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata nel piezometro (data della misura): 3.40 m da pc  
(28.03.2015)

massima quota piezometrica rilevata nel piezometro: 30.07 m s.l.m.

identificativo: **SPC41**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 28+590

quota piano campagna: 32.274 m s.l.m.

profondità: 20 m

tratto di posa della cella Casagrande: tra 13.5 e 15.50 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.60 m da p.c. (13.11.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 31.674 m s.l.m.

identificativo: **XA200013**

anno di perforazione: 2002

ubicazione approssimativa: km 28+670

quota bocca foro: 31.7 m s.l.m.

profondità: 30 m

tratto filtrante: tra 6 e 0 m da b.f.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): saliente sul p.c. (2002)

massima quota piezometrica rilevata: > 31.7 m s.l.m.

identificativo: **BH30V**

anno di perforazione: 2015

ubicazione approssimativa: km 28+920

quota piano campagna: 31.465 m s.l.m.

profondità sondaggio: 25 m

tratto filtrante: tra 19 e 25 m da bf

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0 m da pc (28.03.2015)

massima quota piezometrica rilevata nel piezometro: 31.47 m s.l.m.

identificativo: **SPC42**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 29+650

quota piano campagna: 33.87 m s.l.m.

profondità: 20 m

tratto di posa della cella Casagrande: tra 14.0 e 15.50 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.07 m da p.c. (13.11.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 33.80 m s.l.m.

identificativo: **SPC43**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 30+180

quota piano campagna: 36.04 m s.l.m.

profondità: 20 m

tratto di posa della cella: tra 18.0 e 20.0 m da p.c.

identificativo: **SPC44**

anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 30+430

quota piano campagna: 36.44 m s.l.m.

profondità: 20 m

tratto di posa della cella: tra 17.0 e 19.0 m da p.c.

minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.63 m da p.c. (13.11.2014)

massima quota piezometrica rilevata: 35.81 m s.l.m.

identificativo: **SPC45**



anno di perforazione: 2014

ubicazione approssimativa: km 31+350

quota piano campagna: 38.337 m s.l.m.

quota bocca foro: 38.485 m s.l.m.

profondità: 20 m

 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 108 di 166

tratto di posa della cella: tra 14.0 e 16.0 m da p.c.  
 minima soggiacenza rilevata (data della misura): 0.45 m da p.c. (13.11.2014)  
 massima quota piezometrica rilevata: 37.89 m s.l.m.

identificativo: **SPC46**

anno di perforazione: 2014  
 ubicazione approssimativa: km 31+730  
 quota piano campagna: 40.57 m s.l.m.  
 profondità: 20 m  
 tratto di posa della cella: tra 11.0 e 13.0 m da p.c.  
 minima soggiacenza rilevata (data della misura): 1.06 m da p.c. (18.02.2015)  
 massima quota piezometrica rilevata: 39.51 m s.l.m.

identificativo: **SPC47**

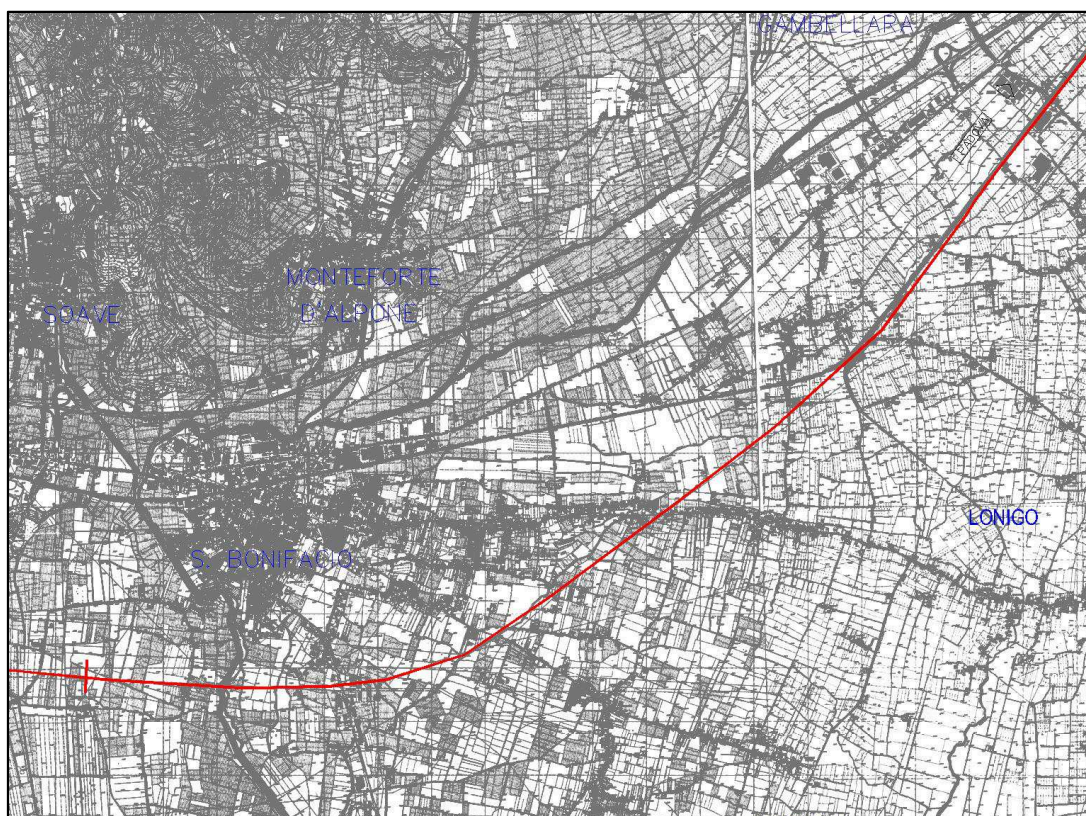
anno di perforazione: 2014  
 ubicazione approssimativa: km 32+700  
 quota piano campagna: 44.93 m s.l.m.  
 profondità: 20 m  
 tratto di posa della cella: tra 10.50 e 12.5 m da p.c.  
 minima soggiacenza rilevata (data della misura): 2.27 m da p.c. (26.11.2014)  
 massima quota piezometrica rilevata: 42.66 m s.l.m.

#### 4.3.2 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

Nel tratto in esame, l'opera ha una lunghezza di poco superiore a 10 km e interessa i territori comunali di S. Bonifacio, Lonigo e Montebello Vicentino, in corrispondenza del cui abitato termina il Sub-lotto funzionale oggetto del presente studio (Figura 34).

La morfologia della tratta in oggetto è contraddistinta dalla larga valle interclusa tra i rilievi del margine prealpino lessineo a Nord e quelli del 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 34** – Inquadramento territoriale del Lotto costruttivo 3

Come evidenziato negli elaborati IN0D00DI2G5GE0002005, IN0D00DI2G5GE0002006, IN0D00DI2G5GE0002007 e IN0D00DI2G5GE0002008 Il tracciato si sviluppa quasi interamente al di sopra delle alluvioni grossolane e fini dei corsi d'acqua Alpone, Chiampo e Agno-Guà ( $a_r$ ), 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, e dal km 26+400 fino a fine tracciato, 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 Lotto costruttivo 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 il 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. Solo nella parte terminale della tratta, all'altezza dell'abitato di Montebello Vicentino, tornano a comparire livelli ghiaioso-sabbiosi di spessore significativo.

La modifica nelle condizioni litologiche del sottosuolo che contraddistingue il settore occupato dalle alluvioni dei corsi d'acqua minori, viene ricondotta sia alla minore portata dei corsi d'acqua che scendevano dai Lessini, sia all'azione di ostacolo operata, allo sbocco nella pianura, dalla principale conoide atesina con conseguente deposizione di sedimenti a granulometria perlopiù fine connessa alla formazione di aree di ristagno e di piccoli bacini lacustri.

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.

Mentre sul limite occidentale del terrazzo del Wurm il salto è netto, e di conseguenza anche la soggiacenza subisce un repentino incremento, su quello orientale si ha un passaggio morfologico più graduale tra le differenti unità a cui corrisponde una soggiacenza che si decrementa progressivamente da Ovest verso Est, portandosi nuovamente su valori medi di circa 1 m da piano campagna all'incirca a partire dalla progressiva 26+000.

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 Lotto costruttivo 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-confinato e confinato 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.

Procedendo verso Est, in alcuni degli orizzonti acquiferi del bacino idrogeologico Alpone-Chiampo-Agno sono stati posizionati piezometri con celle porose Casagrande che hanno rilevato, lungo il tratto all'incirca compreso tra le progressive 26+400 e 31+000, falde in pressione con livello piezometrico prossimo al piano campagna, in quanto contraddistinto da valori di soggiacenza variabili tra circa 0 e 1 m, che solo in corrispondenza del tratto terminale del lotto in esame divengono localmente superiori a 1-2 m.

Condizioni di salienza al di sopra del piano campagna sono state segnalate presso il piezometro XA203O013 nel corso delle misure di livello eseguite nel 2002.

Le misure di livello della falda rilevate nei piezometri realizzati lungo il tracciato della linea ferroviaria coprono un intervallo temporale di 5 mesi, fatta eccezione per i piezometri realizzati identificati dalla sigla BH, per i quali sono state realizzate ulteriori 8 campagne di misura nei mesi di aprile e maggio 2015.

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 riconducibile all'anno 2002;
- 6 campagne di misura del livello freatico, eseguite nei piezometri integrativi realizzati nell'ambito del progetto definitivo, nelle date 13 e 26 novembre 2014, 17 dicembre 2014, 19 gennaio 2015, 18 febbraio 2015 e 27 marzo 2015;
- 8 campagne di misura del livello freatico, eseguite nei piezometri identificati con la sigla BH nell'ambito del progetto definitivo, nelle date 7, 15, 21 e 25 aprile 2015 e 2, 9, 16, 20 maggio 2015.



Nella seguente Tabella 9 sono riportati i dati di minima soggiacenza attualmente disponibili, disposti in ordine crescente di progressiva, e la relativa quota piezometrica, mentre nella Tabella 10 i valori di soggiacenza rilevati nel corso delle più recenti campagne di misura.

Sondaggio	progressiva	Data del rilievo	Minima Soggiacenza (m)	Quota piezometrica (m slm)
SPAA29 sup	fuori asse	17.12.2014	1.12	21.61
SPAA29 prof	fuori asse	17.12.2014	1.15	21.58
SDA30	fuori asse	17.12.2014	3.56	23.52
SPAA31 sup	fuori asse	27.03.2015	2.20	26.14
SPAA31 prof	fuori asse	17.12.2014	5.96	22.38
BH8V	19+865	07.04.2015	1.17	20.48
BH9V	20+150	19.03.2015	1.80	20.14
SDA33	fuori asse	17.12.2014	3.21	27.39
BH10V	20+570	28.03.2015	6.00	20.50
BH12V	20+940	28.03.2015	4.70	20.50
BH18V	23+200	28.03.2015	6.05	21.37
BH19V	23+670	28.03.2015	3.90	24.05
SPA35	fuori asse	17.12.2014	0.78	30.02
BH27V	26+660	28.03.2015	1.15	27.37
SPA36	fuori asse	17.12.2014	2.77	28.54
SPA37	27+450	17.12.2014	2.09	28.87
SPA38	27+600	27.03.2015	4.82	29.23
SPA40	27+950	13.11.2014	0.70	31.01
BH29V	28+320	28.03.2015	3.40	30.07
SPC41	28+590	13.11.2014	0.60	31.67
BH30V	28+920	28.03.2015	0.00	31.47
SPC42	29+650	13.11.2014	0.07	33.80
SPC44	30+430	13.11.2014	0.63	35.81
SPC45	31+350	13.11.2014	0.45	37.89
SPC46	31+730	27.03.2015	1.06	39.51
SPC47	32+700	26.11.2014	2.27	42.66

**Tabella 9** – Lotto costruttivo 3 – Valori minimi di soggiacenza rilevati nei piezometri 2014-2015 realizzati lungo il tracciato e nel suo intorno

Progressiva	Opera	Sigla	Sondaggio - profondità (m)	13/11/2014	26/11/2014		19/01/2015	18/02/2015	27/03/2015	
				m da p.c.	m da p.c.		m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	
fuori asse		SPAA29	50		-1,25	-1,12	-1,36	-1,28	-1,2	PIEZOM SUPERFICIALE
					-1,24	-1,15	-1,38	-1,31	-1,2	PIEZOM PROFONDO
fuori asse		SDA30			-3,64	-3,56	-3,81	-3,76	-3,7	
fuori asse		SPAA31	50			-2,24	-2,35	-2,31	-2,2	PIEZOM SUPERFICIALE
						-5,96	-6,16	-6,12	-6,08	PIEZOM PROFONDO
20+150	V. Alpone	BH9V	50						-1,8	misura del 19.03.2015
fuori asse		SDA33	20		-3,30	-3,21	-3,40	-3,32	-3,24	
20+570	V. Alpone	BH10V	50						-6	misura del 28.03.2015
20+940		BH12V	50						-4,7	misura del 28.03.2015
23+200	Viadotto	BH18V	50						-6,05	misura del 28.03.2015
23+670	Viadotto	BH19V	50						-3,9	misura del 28.03.2015
fuori asse		SPA35	20		-0,86	-0,78	-1,13	-1,08	-0,87	
26+660	Rilevato	BH27V	20						-1,15	misura del 28.03.2015
fuori asse		SPA36	35		-2,84	-2,77	-3,15	-3,11	-2,8	
27+450	Prol. Sottovia	SPA37	20		-2,18	-2,09	-2,44	-2,39	-2,25	
27+600	armata Lonigo-sottopas	SPA38	25				-5,18	-5,12	-4,82	
27+950	Sottovia	SPA40	20	-0,70	-1,13	-0,96	-1,27	-1,20	-0,90	
28+320	Rilevato	BH29V	25						-3,40	misura del 28.03.2015
28+590		SPC41	20	-0,60			-1,10	-1,06	-0,85	
28+920	Rilevato	BH30V	25						0,00	misura del 28.03.2015
29+650	Prol. Sottovia	SPC42	20	-0,07	-0,50		-0,75	-0,71	-0,58	
30+430	Prol. Sottovia	SPC44	20	-0,63	-0,85		-0,98	-0,92	-0,80	
31+350	Muro di sostegno dx L=360 m	SPC45	20	-0,45			-0,67	-0,60	-0,48	
31+730	Prol. Sottovia	SPC46	20	-1,20	-1,20		-1,20	-1,18	-1,06	
32+700	Prol. Sottovia	SPC47	20	-2,70	-2,27		-2,90	-2,80	-2,64	

Progressiva	Sigla	Sondaggio - profondità (m)	07/04/2015	15/04/2015	21/04/2015	25/04/2015	02/05/2015	09/05/2015	16/05/2015	20/05/2015
				m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.
19+865	BH8V	50	-1,17	-1,24	-1,25	-1,29	-1,30	-1,38	-1,43	-1,46
20+570	BH10V	50		-6,17	-6,24	-6,3	-6,33	-6,36	-6,4	-6,42
20+940	BH12V	50		-4,92	-4,98	-5,04	-5,02	-5,07	-5,1	-5,11
21+860	BH15V	50	-5,74	-5,89	-6,02	-6,09	-6,15	-6,23	-6,26	-6,28
23+200	BH18V	50		-6,24	-6,30	-6,35	-6,36	-6,41	-6,44	-6,45
23+670	BH19V	50		-3,99	-3,98	-4,05	-4,04	-4,12	-4,16	-4,18
26+660	BH27V	20		-1,25	-1,29	-1,33	-1,34	-1,40	-1,40	-1,40
28+320	BH29V	25		-3,50	-3,50	-3,54	-3,53	-3,56	-3,58	-3,59
28+920	BH30V	25		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabella 10 – Lotto costruttivo 3 – Rilievi piezometrici novembre 2014 – maggio 2015**

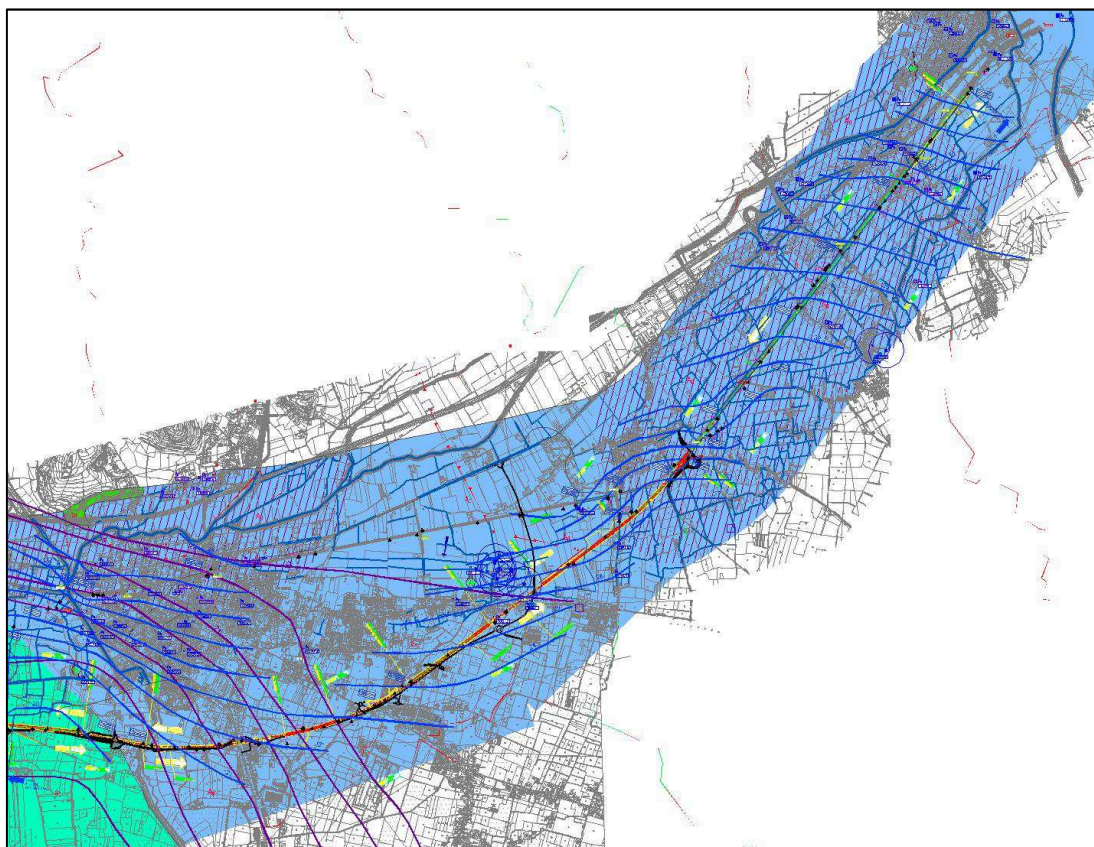
Per quanto attiene la morfologia della superficie piezometrica, sulla base delle indicazioni fornite dalla “carta idrogeologica dell’alta pianura veronese” (elaborati IN0D00DI2G5GE0002005, IN0D00DI2G5GE0002006, IN0D00DI2G5GE0002007 e IN0D00DI2G5GE0002008 e stralcio in Figura 35), delle quote ricostruite 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.

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.

Nella Valle del Chiampo, tra l'abitato di Montebello Vicentino e San Bonifacio, il gradiente idraulico presenta valori dell'ordine di 0.3-0.4% che tendono a decrementarsi a Ovest di San Bonifacio valle sino a valori medi dello 0.2%.

Le quote piezometriche, che hanno valori prossimi a 42 m s.l.m. all'altezza di Montebello Vicentino, si decrementano a circa 30 m s.l.m. presso la stazione di Lonigo fino e quindi a circa 20 m s.l.m. nel tratto iniziale del Lotto costruttivo 3 in Comune di S. Bonifacio.




**Figura 35** – Superficie piezometrica della falda nell'intorno del Lotto costruttivo 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.

 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 117 di 166

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.

#### **4.3.3 VALUTAZIONE DELL'INNALZAMENTO DELLA FALDA ATTESO A MEDIO E LUNGO TERMINE**

La valutazione della falda di progetto a medio e lungo termine per il Lotto costruttivo 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 Lotto costruttivo 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 tutta la tratta del Lotto costruttivo 3 compresa tra le progressive 19+159 e 32+460, 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 23+500



- falda di progetto a medio e lungo termine: -3 m da p.c.;

Tratta compresa tra le progressive 23+500 e 26+000

- falda di progetto a medio e lungo termine: -1.5 m da p.c.;

Tratta compresa tra le progressive 26+000 e 32+460

- falda di progetto a medio e lungo termine: piano campagna.

  	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 119 di 166

## 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

 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 120 di 166

galleria artificiale di S. Martino Buon Albergo e quelli sulle sorgenti di terrazzo ubicate in vicinanza del tracciato.

## 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

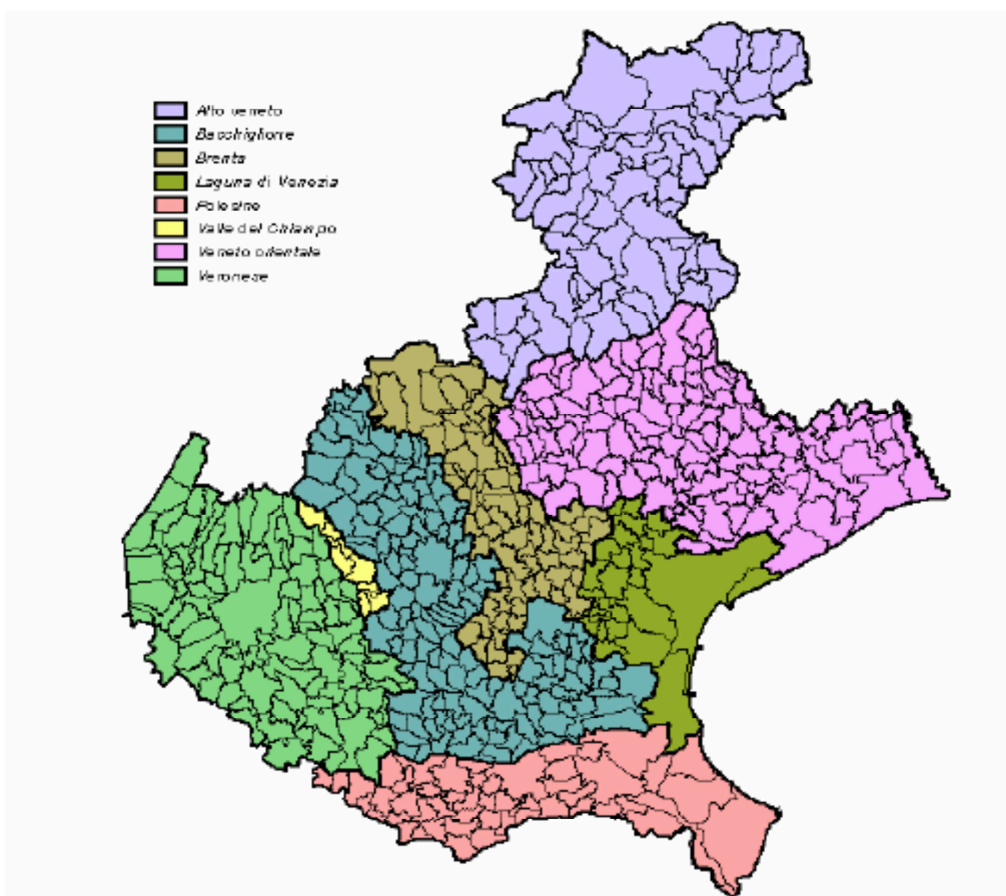
Durante il 2000, l'Osservatorio Regionale Acque (ORAC) ha creato un database denominato Gestori Acquedotti che ha permesso di raccogliere numerose informazioni relative alle opere di captazione sotterranea.

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%.





**Figura 36** – 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 Tabelle 11 e 12, 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.

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 11** – Dati 2009 relativi alla copertura del servizio acquedotto 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

**Tabella 12** – Dati 2009 relativi alle perdite in rete nell'Area Veronese (da: AATO VERONESE – Revisione del piano d'ambito 2011)

### 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.

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 dalla seguenti Tabelle 13 e 14.

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

**Tabella 13** – Consistenza delle infrastrutture nei comuni della Val d'Alpone e Tramigna

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

**Tabella 14** – Dotazioni idriche suddivise per Comune

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 125 di 166

### 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

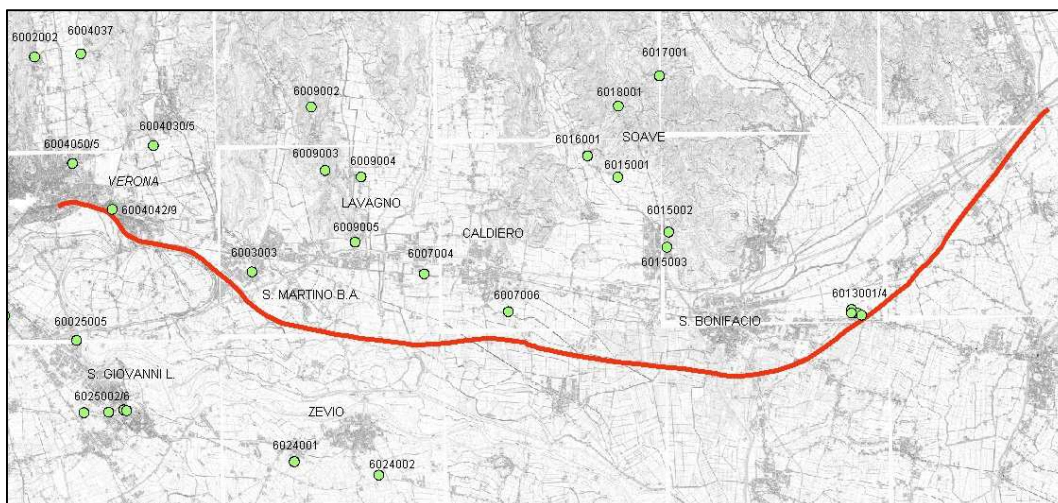
#### Provincia di Vicenza

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 → 153 punti  
Medio Chiampo → 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 37) in quanto provviste di maggiori informazioni.



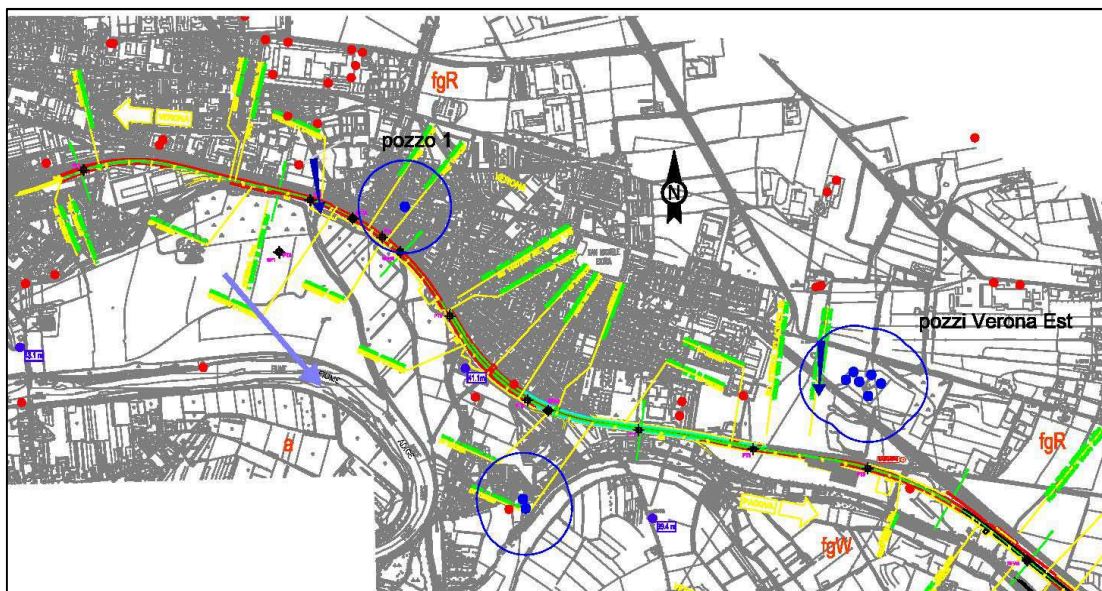
**Figura 37** – Pozzi acquedottistici AATO VERONESE nei pressi del tracciato

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 IN0D00DI2G5GE0002001÷8).

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 38÷41, mentre le loro caratteristiche tecnico costruttive sono riportate nelle Tabelle 15÷21.



**Figura 38 – Ubicazione dei pozzi pubblici Verona Est**

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 15** - Pozzi pubblici in comune di Verona Est (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

**Tabella 16** - Pozzi pubblici in comune di S. Martino Buon Albergo (VR)



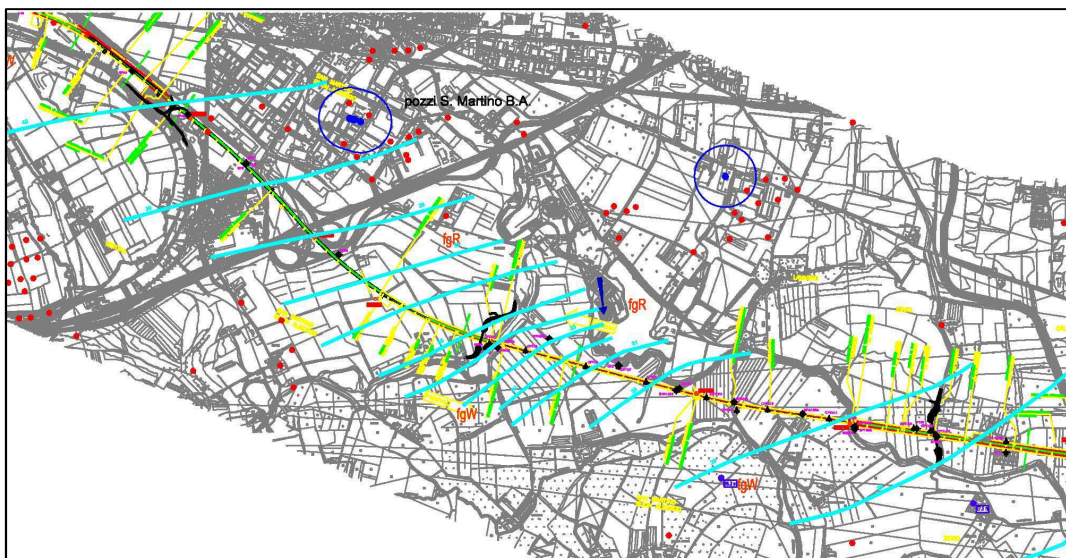


Figura 39 – Ubicazione dei pozzi pubblici in Comune di S. Martino Buonalbergo

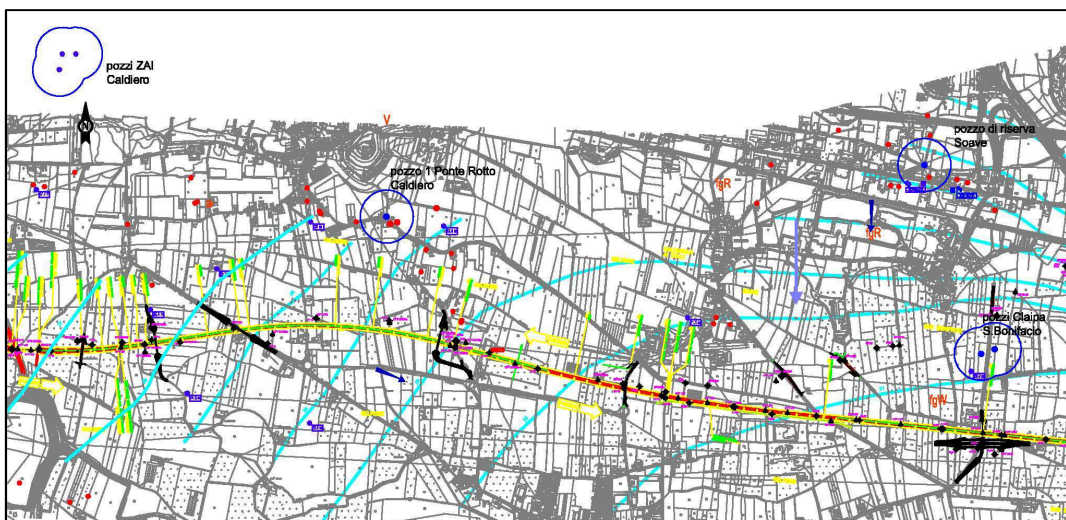


Figura 40 – Pozzi pubblici di Caldiero e Soave

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	Caldiero	15	10	-0.6	80	58-80
6007002	Pozzo ZAI 2	via Artigianato	Caldiero	15	10	-0.6	80	58-80
6007003	Pozzo ZAI 3	via Artigianato	Caldiero	20	15	-1	198	178-198
6007004	Pozzo ZAI 4	via Artigianato	Caldiero	2	15	-1	198	178-198
6007005	Ponterotto Pozzo 1	via Ponterotto	Caldiero	7	3	-0.6	48	24-48
6007006	Ponterotto Pozzo 3	via Ponterotto	Caldiero	7	3	-0.6	?	?

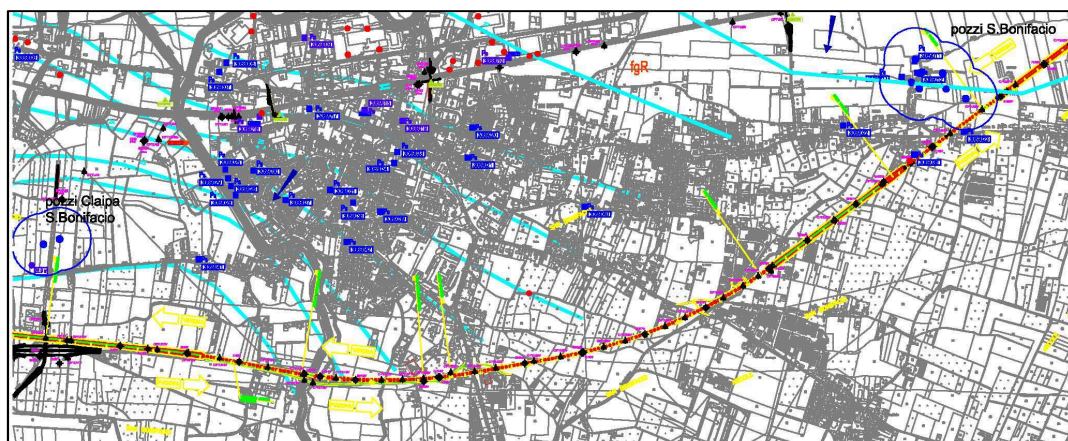
**Tabella 17** - Pozzi pubblici in comune di Caldiero (VR)

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 18** – 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)
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

**Tabella 19** - Pozzi pubblici in comune di S. Bonifacio (VR)



**Figura 41 – Pozzi pubblici in Comune di S. Bonifacio**

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 20 - Pozzi pubblici in comune di Zevio (VR)**

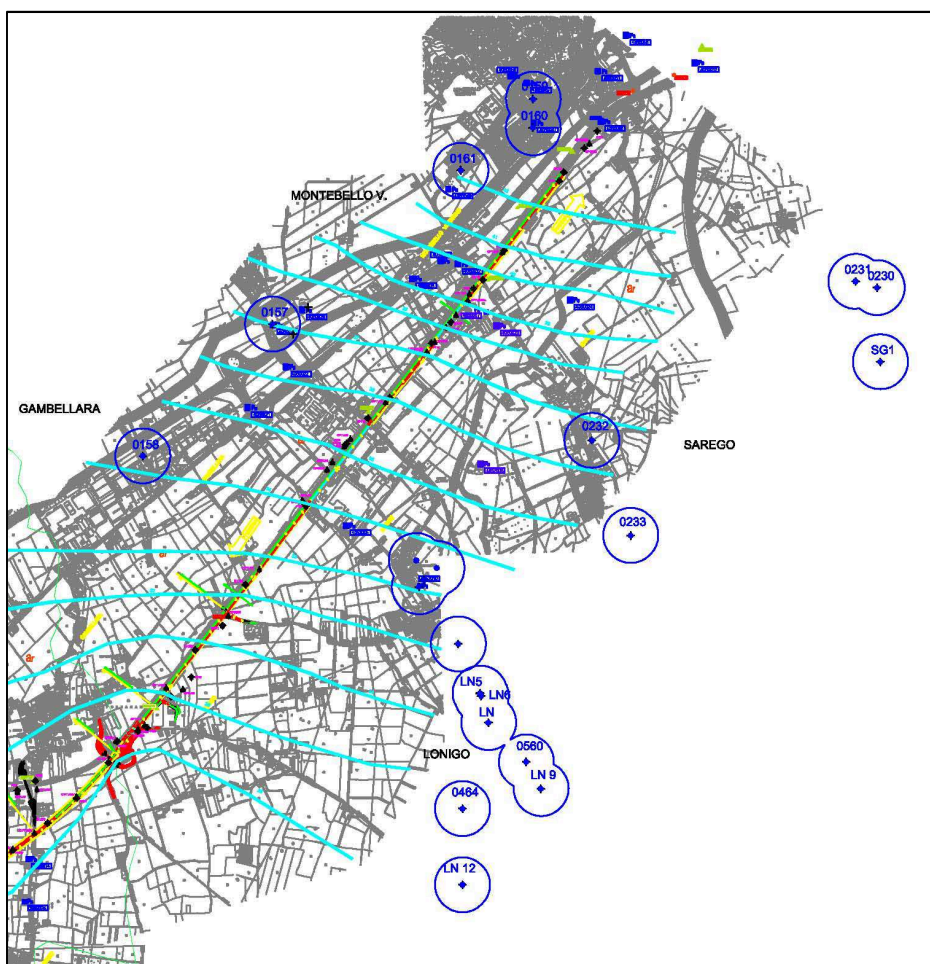
ID	OPERA DI PRESA	LOCALITA'	COMUNE (opera di presa)	Q media annua di concessione l/s	LIV STAT (metri)	QUOTA PR (metri)	PROF POZZO (metri)	PROF FILTRI (metri)
6009002	Pozzo Passere	via Passere	Lavagno	9		180	270	?
6009005	Pozzo Monticelli	via San Rocco	Lavagno			60	120	?
6009003	Pozzo Gioiello	via Gioiello	Lavagno	3		160	300	?
6009004	Pozzo Palazzina	via Quarto	Lavagno	35		70	80	?

**Tabella 21 - Pozzi pubblici in comune di Lavagno (VR)**

Per quanto attiene la Provincia di Vicenza, nei comuni di Gambellara, Montebello Vicentino, Sarego e Lonigo sono presenti diverse opere di

captazione ad uso potabile di cui si riportano nelle Tabella 22 le caratteristiche tecnico-costruttive.

Come si osserva dalle Figure 41 e 42 i pozzi a uso acquedottistico più vicini all'opera in progetto sono quelli a servizio dei Comuni di San Bonifacio (pozzi 6013001÷6013004) e Montebello Vicentino (pozzi 0159÷0161).



**Figura 42** – pozzi pubblici in provincia di Vicenza (dati PTCP)

# Linea AV/AC VERONA – PADOVA


## 1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.  
IN0D00DI2RHGE0002001A

Pag  
133 di 166

CODICE	COD_ENTE	COMUNE	VIA	RISORSA	PROF(m)	LIV_STAT	Q_MED	PROPRIETA'	ABIT_SERVI
464	A052	Lonigo	Casalino	Pozzo Casalino	80	18/20	5	(Lonigo-inattivo)	0
560	Colli Beric	Lonigo	Due Ponti	Pozzo di Almisano - Colli Berici	90	12		Colli Berici	5000
	CISIAG	Lonigo	Almisano	CISIAG 1				CISIAG	8000
	CISIAG	Lonigo	Almisano	CISIAG 2				CISIAG	8000
	CISIAG	Lonigo	Pozzola	CISIAG 3				CISIAG	8000
LN 12	CISIAG	Lonigo	San Vettore	CISIAG 4 - ex comunale Lonigo				CISIAG	8000
LN9	Colli Beric	Lonigo	Due Ponti	Colli Berici - pozzo soccorso	100			Colli Berici-di soccorso	5000
LN5	CISIAG	Lonigo	Pozzola	CISIAG 6 - ex Cologna-Mont. 2	60			Ex-Cologna Montagnana	5000
LN6	CISIAG	Lonigo	Pozzola	CISIAG 5 - ex Cologna-Mont. 1	80			Ex-Cologna Montagnana	5000
LN	CISIAG	Lonigo	Pozzola	CISIAG 7 - pozzo Foletto	100		70	CISIAG	8000
158	Medio Chiampo	Gambellara	Canova	Pozzo "Canova"	107	saliente	10	privato	1600
157	Medio Chiampo	Montebello V.	Loc. Frassine	Pozzo "Frassine" - Mason	96	1.6	10	Gambellara	1600
159	Medio Chiampo	Montebello V.	Brenta, 10	Pozzo Via Brenta	38	25	5		1200
160	Medio Chiampo	Montebello V.	Frigo	Pozzo Via Frigo	80	77	5	Comune	1200
161	Medio Chiampo	Montebello V.	V.le Verona	Pozzo V.le Verona	104	5	5		1200
	Medio Chiampo	Montebello V.	Dovaro				5		1200
	Medio Chiampo	Montebello V.	Dovaro		96		5	Comune	1200
230	A098	Sarego	Dell'Artigiano	Pozzo "Vegri 1"	70	6		Comunale	1000
231	A098	Sarego	Dell'Artigiano	Pozzo "Vegri 2"	100	6		Comunale	1000
232	A098	Sarego	Favorita	Pozzo "Favorita"	35	5			1000
233	A098	Sarego	Monticello di	Pozzo "Monticello di Fara"	60	0			1000
SG1	A098	Sarego	Meledo		45			Comune	1000

**Tabella 22** - Pozzi pubblici Comuni di Lonigo, Gambellare, Montebello V. e Sarego

  <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 134 di 166

## 5.2 L'IMPATTO DELLA GALLERIA ARTIFICIALE DI S. MARTINO BUON ALBERGO


Nella presente sezione sono dettagliate le caratteristiche idrogeologiche di dettaglio 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:

  <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 135 di 166

- all'innalzamento del livello freatico indotto dalle diaframature sul lato sopragradiante dell'opera e dal contestuale abbassamento in quello sottogradiante;
- 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.

#### **5.2.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE REALIZZATE NELLA TRATTA INTERESSATA DALL'OPERA**

Le indagini al momento 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).

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:

  	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 136 di 166

*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.

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)

IN0D00DI2RHGE0002001A



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)

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

IN0D00DI2RHGE0002001A

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.

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

IN0D00DI2RHGE0002001A

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 139 di 166

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

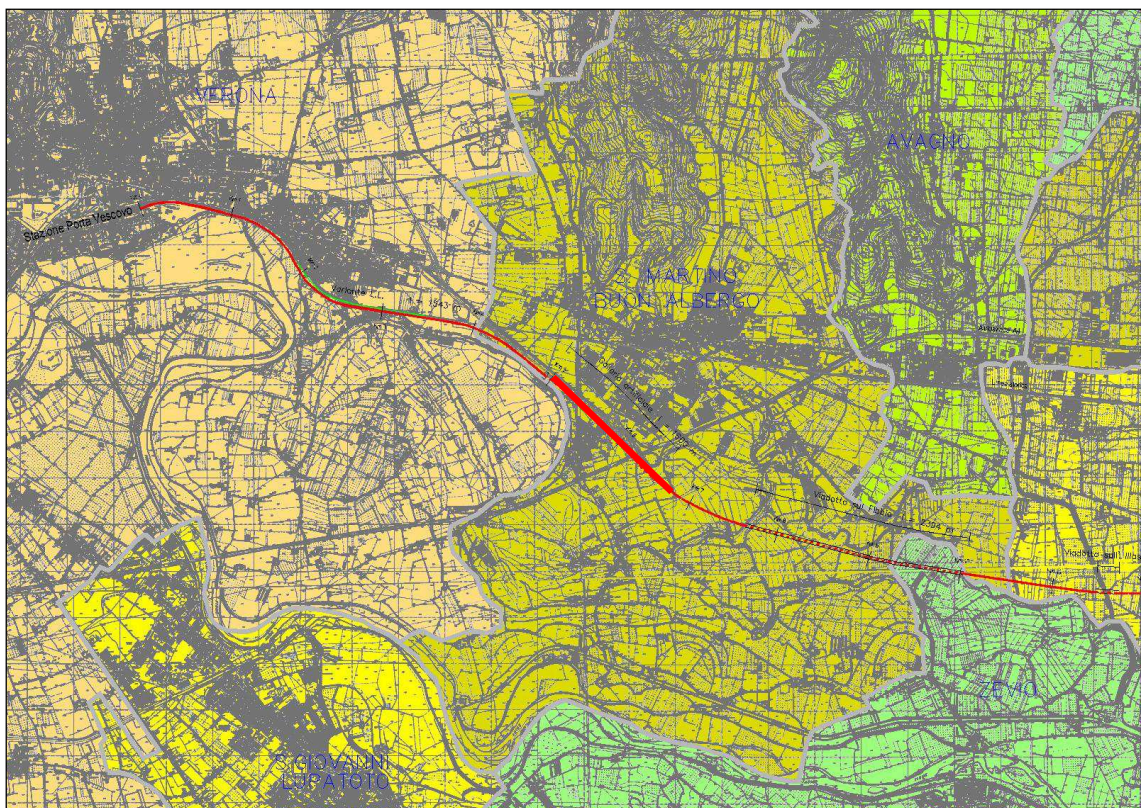
litologia del tratto di prova: sabbia debolmente limosa

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

## 5.2.2 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;

 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 141 di 166

- 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.

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.

### 5.2.3 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.

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.

Più in dettaglio, le caratteristiche litologiche del sottosuolo 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 rinvia 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.

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).

Le succitate caratteristiche sono mostrate nella sezione geologica riportata in Figura 44, ricostruita sulla base delle stratigrafie relative ai sondaggi attualmente disponibili, la cui successione litologica viene di seguito sinteticamente descritta:

sondaggio **XA203B004** (km 5+175; quota bf 40.5 m slm)

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 **SP6** (km 5+630; quota pc 45.81 m slm)

da 0 a 11.4 m: ghiaia sabbiosa (PRIMA LITAZONA)

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 **XA203B005** (km 6+300; quota bf 45.4 m slm)  
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 **SPA5** (km 5+150; quota pc 47.12 m slm)  
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 **SPA8** (km 6+470; quota pc 43.87 m slm)  
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 **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** (km 6+830; quota pc 44.6 m slm)  
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)

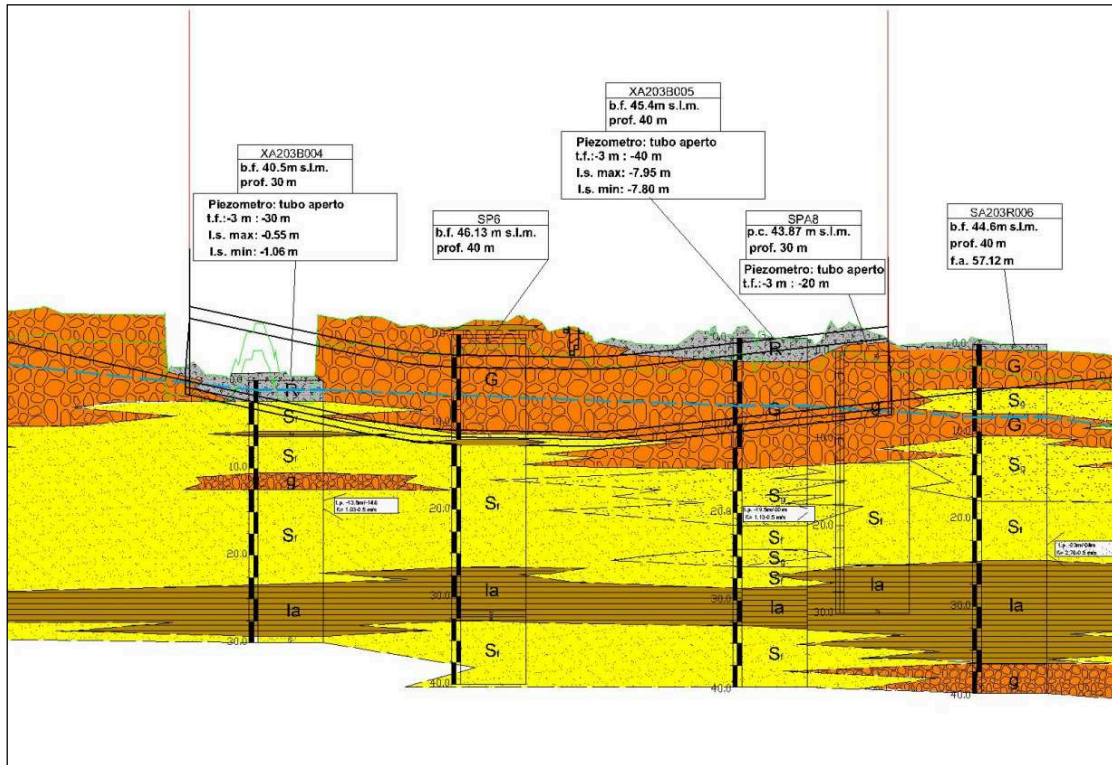


Figura 44 – Sezione idrogeologica lungo la galleria artificiale

#### 5.2.4 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La struttura idrogeologica del settore che sarà interessato dalla galleria artificiale è contraddistinta dalla conoide alluvionale formata dal Fiume Adige al suo sbocco nella pianura padana.

La caratteristica principale di questa unità è data dal progressivo affinamento dei caratteri litologici all'aumentare della profondità e una generale riduzione della granulometria procedendo da Nord verso Sud.

Nel tratto in oggetto l'unità idrogeologica che costituisce i primi 40 metri di sottosuolo è un'unità ghiaioso-sabbiosa attribuita alle facies fluviali e fluvio-glaciali del Pleistocene Sup., inserita nel bacino idrogeologico dell'alta pianura veronese.



L'Unità Ghiaioso-sabbiosa della conoide del Fiume Adige 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 29 m dal p.c. e che, quanto meno nel tratto interessato dall'opera, consente di individuare una prima falda libera da una sottostante seconda falda semi-confinata.

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;

  <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 146 di 166

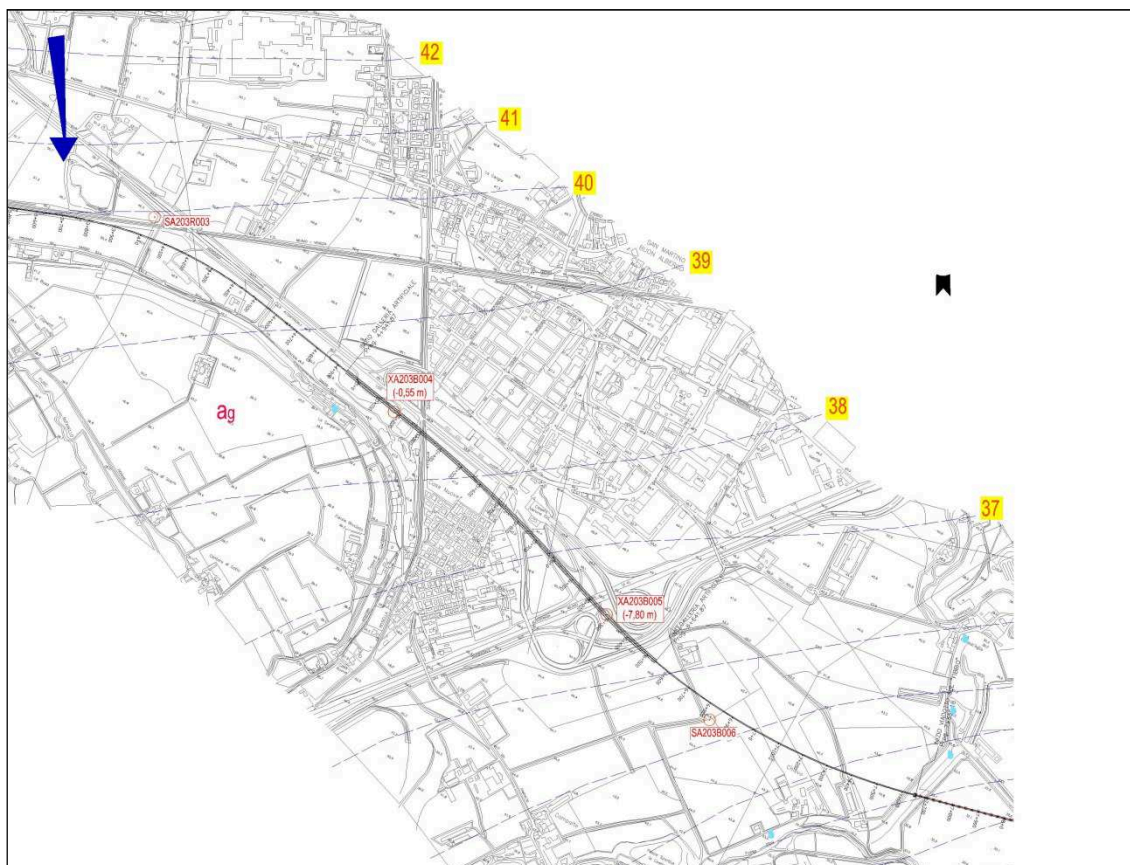
- sei campagne di misura del livello freatico, eseguite nei piezometri realizzati nell’ambito del progetto definitivo nel periodo novembre 2014 – marzo 2015.

Nella seguente Tabella 23 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.

Sondaggio	progressiva	Data del rilievo	Minima Soggiacenza (m)	Quota piezometrica (m slm)
SPA5	5+150	17.12.2014	7.24	39.88
SDC7	5+625	17.12.2014	6.66	39.17
SPA8	6+470	26.11.2014	6.50	37.37

**Tabella 23** – Valori minimi di soggiacenza rilevati nei piezometri 2014 ubicati nel tratto interessato dalla galleria artificiale di S. Martino Buon Albergo

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, si dispone della “carta idrogeologica dell’alta pianura veronese”, un 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.



**Figura 45** – Superficie piezometrica (Stralcio della carta idrogeologica)

L'elaborazione in Figura 45 individua una direzione di falda che, per il tratto in oggetto, presenta andamento NNW-SSE, con gradiente idraulico del 0.2% e quote piezometriche variabili tra circa 38.7 m s.l.m. presso l'imbocco Nord e circa 36.1 m s.l.m. presso l'imbocco Sud.

Un'analoga elaborazione della superficie piezometrica è riportata nei documenti redatti a corredo del PTCP della Provincia di Verona, un cui stralcio è mostrato in Figura 46.

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 2015, ma, visto lo scarso numero di dati disponibili, ciò potrebbe non essere affatto rappresentativo dell'entità delle escursioni annuali e stagionali del livello freatico.




**Figura 46** - Superficie piezometrica (tratta da PTCP della Provincia di Verona)

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 Figure 17, 18 e 19):

- pozzo n. 168 in Comune di Lavagno (periodo 1999-2008);
- pozzo n. 56 in località Vago del Comune di Lavagno (periodo 1984-2005);

 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 149 di 166

- 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 20÷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'Ilasi, 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").

 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 150 di 166

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 in corso di effettuazione; a tale riguardo si rileva come nel piezometro SPA5, tra le misure eseguite in data 13.11.2014 e 17.12.2014, si sia riscontrato un innalzamento del livello di falda pari a circa 1.15 m.

### 5.2.5 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.

Nella seguente Tabella 24 sono riassunti i dati ricavati da tutte le prove al momento disponibili, contestualmente alla profondità e alla 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 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.

Sondaggio	Profondità (m da p.c.)	Litologia	Conducibilità idraulica (m/s)
XA203B004	13.75-14.55	Sabbia limosa	$1.03 \cdot 10^{-5}$
SPA5	10.5-11	Ghiaia sabbiosa	$4.26 \cdot 10^{-5}$
	18-18.7	Ghiaia sabbiosa	$2.81 \cdot 10^{-5}$
SDC7	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	$1.02 \cdot 10^{-5}$
XA203B005	19.5-20	Sabbia limosa ghiaiosa	$1.13 \cdot 10^{-5}$
SPA8	7.5-8	Ghiaia sabbiosa	$1.15 \cdot 10^{-4}$
	13.5-14	Sabbia ghiaiosa	$6.73 \cdot 10^{-5}$
SA203B006	23-24	Sabbia deb. limosa	$2.76 \cdot 10^{-5}$

**Tabella 24** – Risultati delle prove Lefranc

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 del tampone impermeabile di fondo e alla potenziale interferenza tra opera e falda idrica.

Per una migliore valutazione dei parametri idrogeologici si suggerisce di procedere con l'esecuzione di test di pompaggio da eseguire su appositi campi prova costituiti da pozzi e piezometri.

Allo stato delle conoscenze, in luogo dei valori ricavati dalle prove Lefranc, per la valutazione degli effetti quantitativi che potrebbero essere indotti sulla falda dalla galleria artificiale si è preferito utilizzare, per le litozone 1 e 2 un valore medio del coefficiente di permeabilità pari a  $5 \cdot 10^{-4}$  m/s.

### 5.2.6 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, 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 integrata con ulteriori indagini in sito volte a una migliore definizione delle caratteristiche idrogeologiche del sito (direzione locale della piezometria e definizione 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 diaframatura;



 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 153 di 166

- 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.

#### **5.2.6.1 LIMITAZIONI DELLA MODELLAZIONE**

I risultati restituiti dalla modellazione in oggetto presentano alcune limitazioni connesse alle attuali conoscenze idrogeologiche del sito e in particolare alla scarsa conoscenza dei principali parametri idrogeologici dell'acquifero e delle precise caratteristiche morfologiche della superficie piezometrica.

L'assenza di dati sito-specifici di conducibilità idraulica e trasmissività ricavati attraverso prove di pompaggio, impone 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.

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.

 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 154 di 166

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.

#### **5.2.6.2 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.

#### **Dominio dell'area di studio e sua discretizzazione**

Come visibile in Figura 47, 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 25.

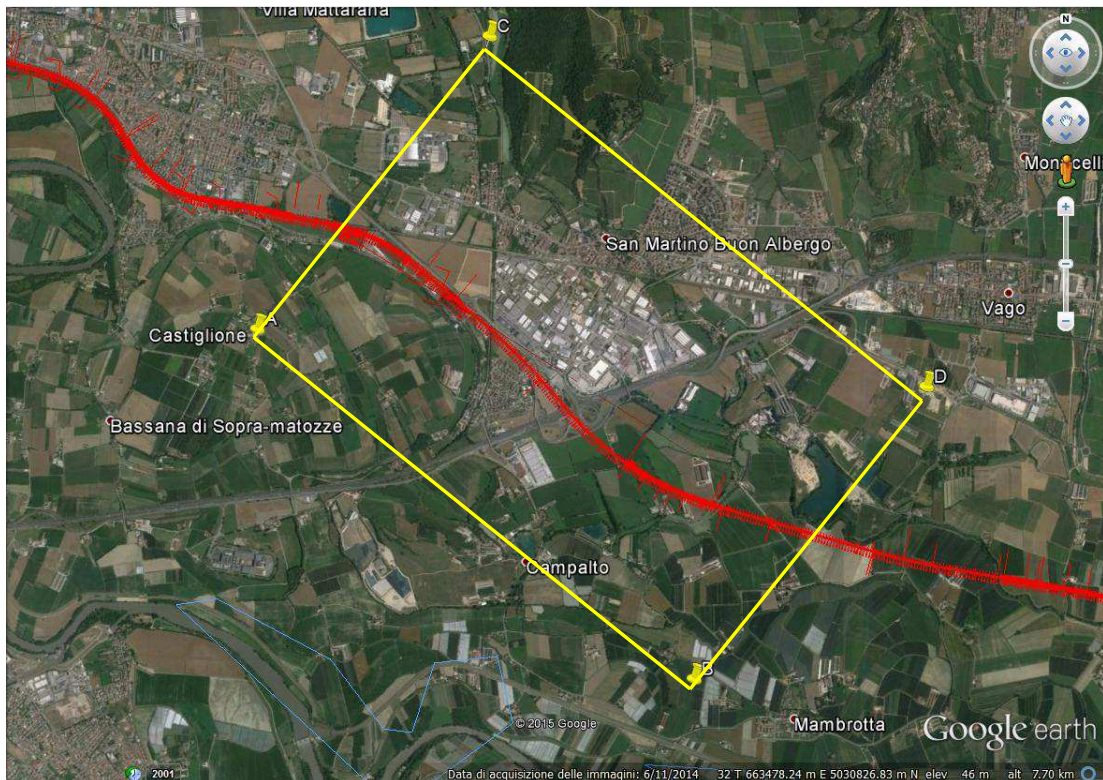
Il dominio è stato suddiviso orizzontalmente utilizzando una griglia composta da 379 righe e da 1224 colonne, per un totale di 463896 celle (per ciascun layer).

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


48); alle celle situate nelle aree più esterne invece è stata assegnata una dimensione di 20 x 20 m.

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

**Tabella 25** - Limiti dell'area modellata



**Figura 47** - Inquadramento territoriale del dominio di simulazione (in rosso tracciato ferroviario)

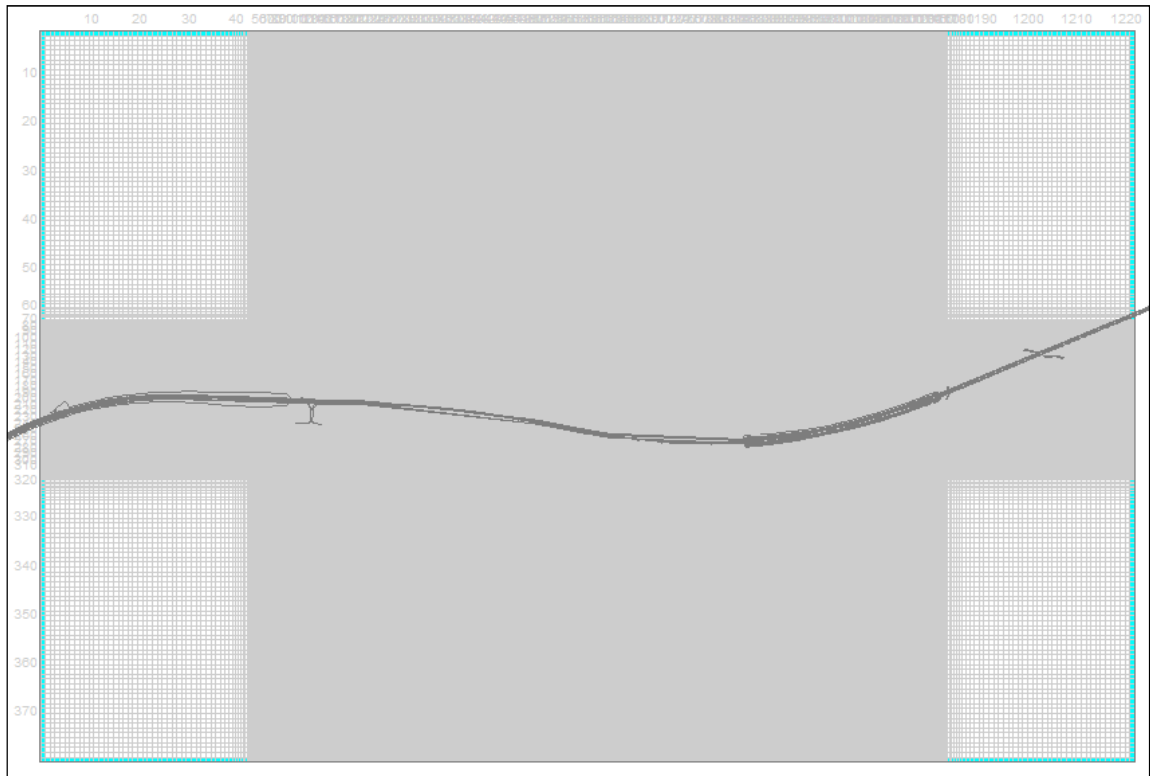
 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO      REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 156 di 166

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.

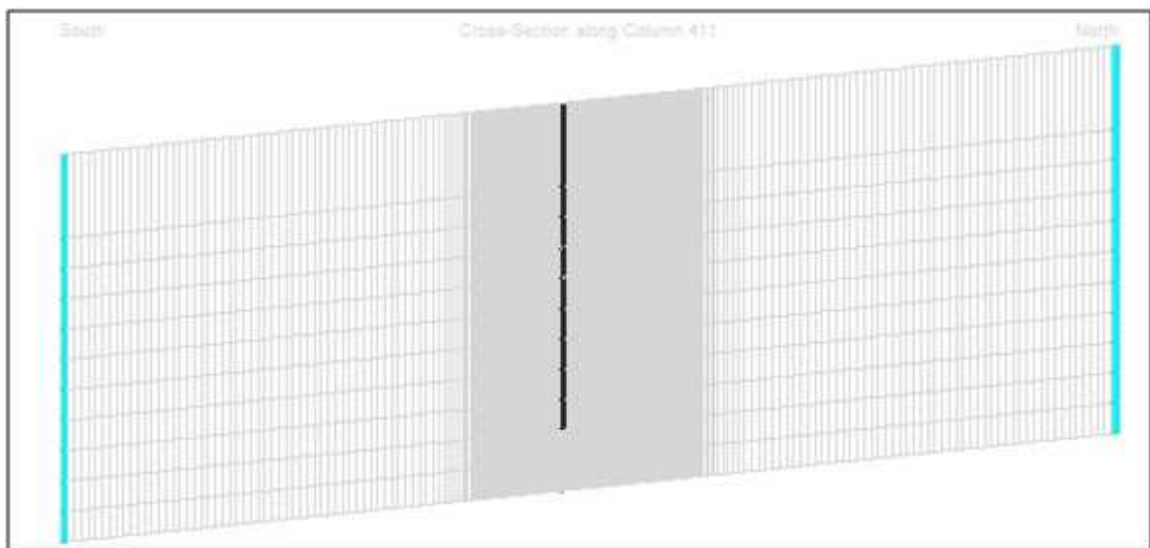
L'impostazione di una griglia telescopica di questo tipo permette di garantire un buon grado di accuratezza delle simulazioni nella zona di maggiore interesse e, contemporaneamente, una sufficiente rapidità di calcolo.

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 49 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 diaframmatatura.



**Figura 48** - Discretizzazione orizzontale del dominio di simulazione



**Figura 49** - Discretizzazione verticale del dominio di simulazione

 	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 158 di 166

### **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.

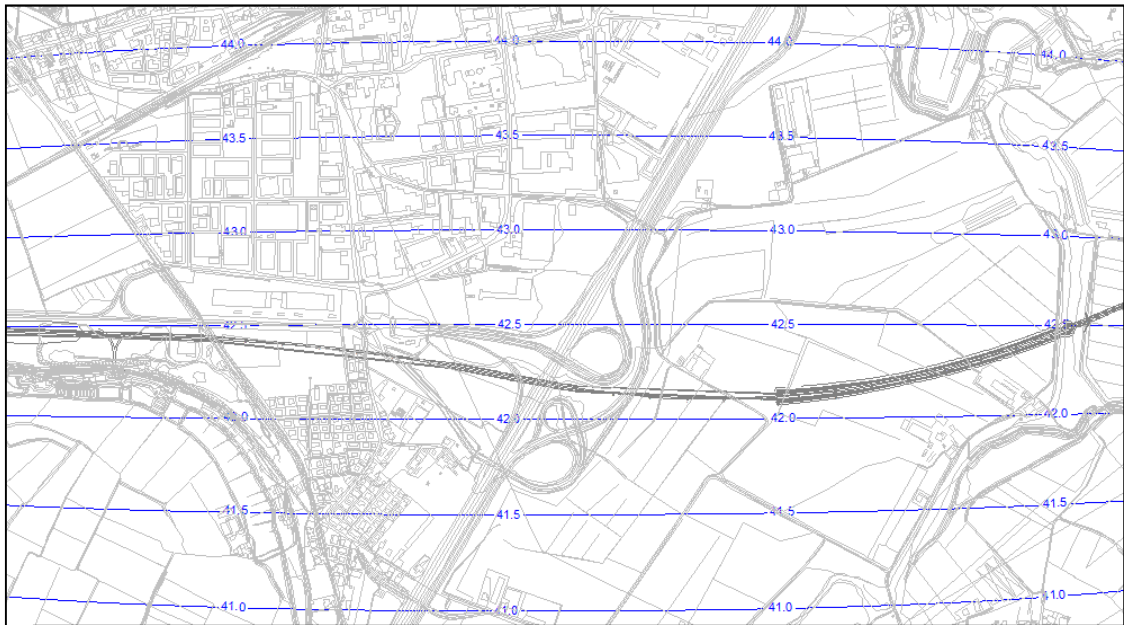
I valori della permeabilità (m/s) sono stati considerati uguali nelle direzioni X e Y, mentre è stata assegnata una anisotropia di 0.1 per la direzione Z, secondo quanto proposto da Anderson & Woessner, 1992.

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.

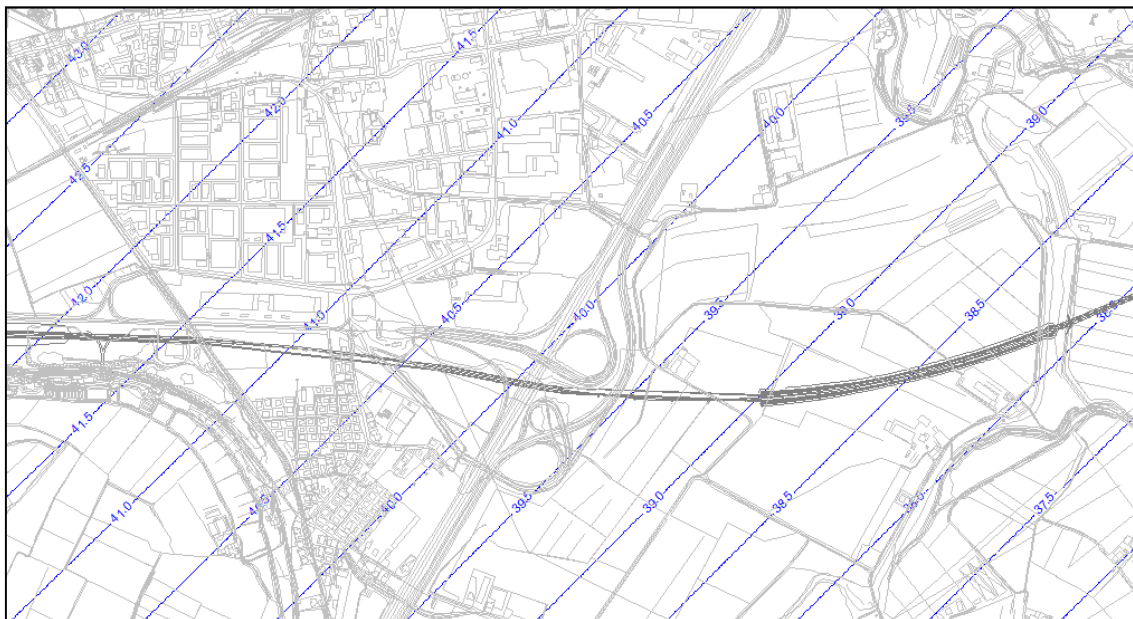
Per la ricostruzione della piezometria statica di riferimento si è ipotizzato un gradiente idraulico pari a quello ricostruito in base alle piezometrie disponibili (0.2%) e due differenti scenari di riferimento:

- Scenario 1 – con direzione di falda perpendicolare alla galleria artificiale (Figura 50);
- Scenario 2 – con direzione di falda incidente a 45° rispetto alla galleria artificiale (Figura 51).

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 50** - Piezometria statica di riferimento (Scenario 1) - isopiezometriche interlinea 0.5 m

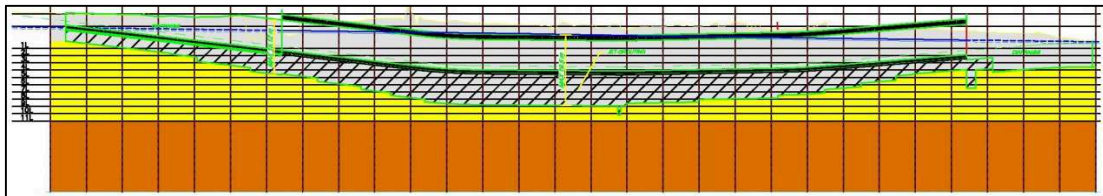


**Figura 51** - Piezometria statica di riferimento (scenario 2) - isopiezometriche interlinea 0.5 m

### 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 52 è rappresentata una sezione schematica di come i diaframmi sono stati simulati all'interno del modello.



**Figura 52** - Modellazione dell'opera lungo una sezione di riferimento (in giallo le aree a deflusso libero non interessate dalla diaframmatrice)



#### 5.2.6.3 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° rispetto ai diaframmi (scenario 2).

I risultati sono espressi in termini di:

- deformazione della morfologia piezometrica e del flusso idrico sotterraneo a seguito della realizzazione dell'opera nei due diversi scenari di riferimento (Figure 53 e 55);
- isovariations piezometriche rispetto alla falda indisturbata nei due scenari di riferimento (Figure 54 e 56).



  	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 161 di 166

Nello scenario 1 si registrano chiaramente deformazioni piezometriche superiori (Figura 53), 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 54).

Ancor meno significativi risultano gli effetti nello scenario 2, nel quale le isovariazioni del carico piezometrico risultano contenute in circa 0.15 m (Figura 56).

Conseguentemente, anche gli effetti di deformazione della superficie piezometrica (Figure 53 e 55) 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:

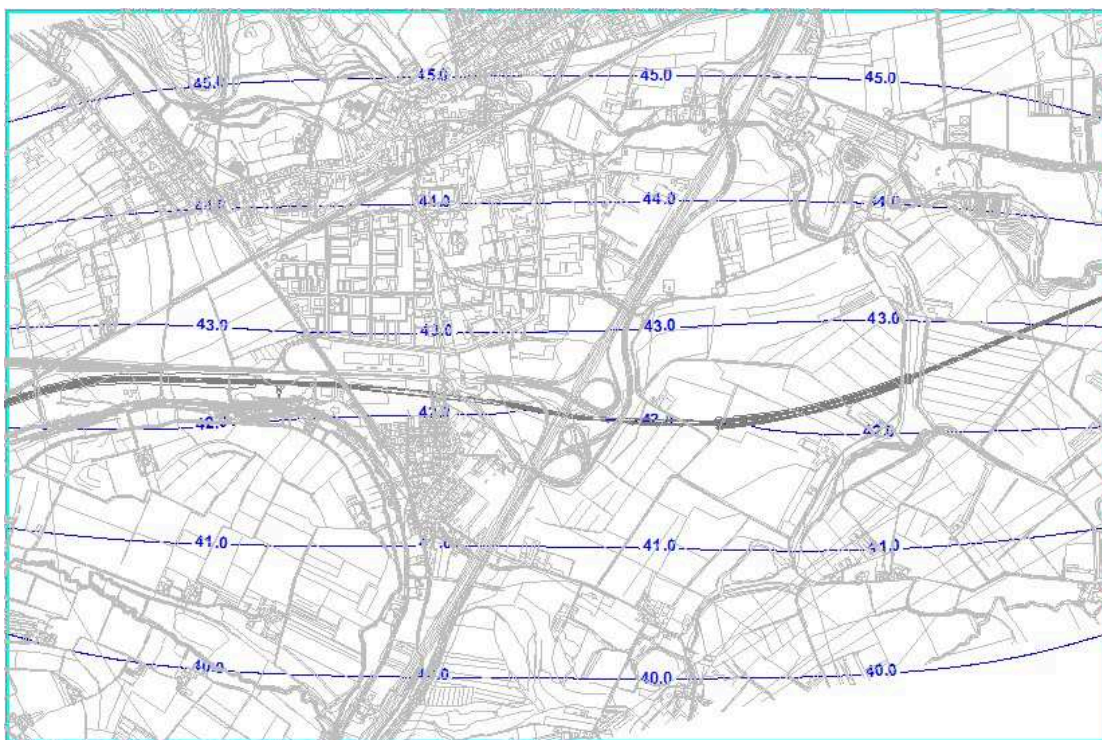
- Scenario 1 = 25 l/s;
- Scenario 2 = 17 l/s.

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".

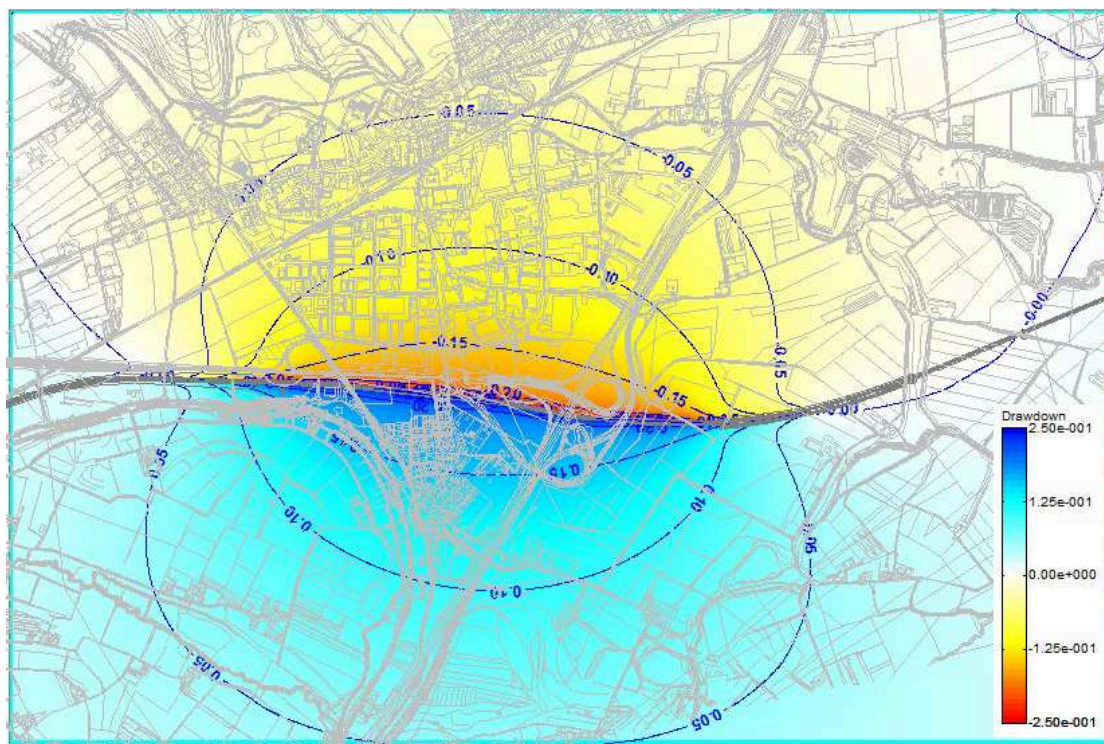
Tale valutazione assume rilievo in ragione del fatto che la realizzazione dell'opera, inducendo abbassamenti nel settore sottogradiante, potrebbe determinare una riduzione della portata di sfioro delle acque sorgive.

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.

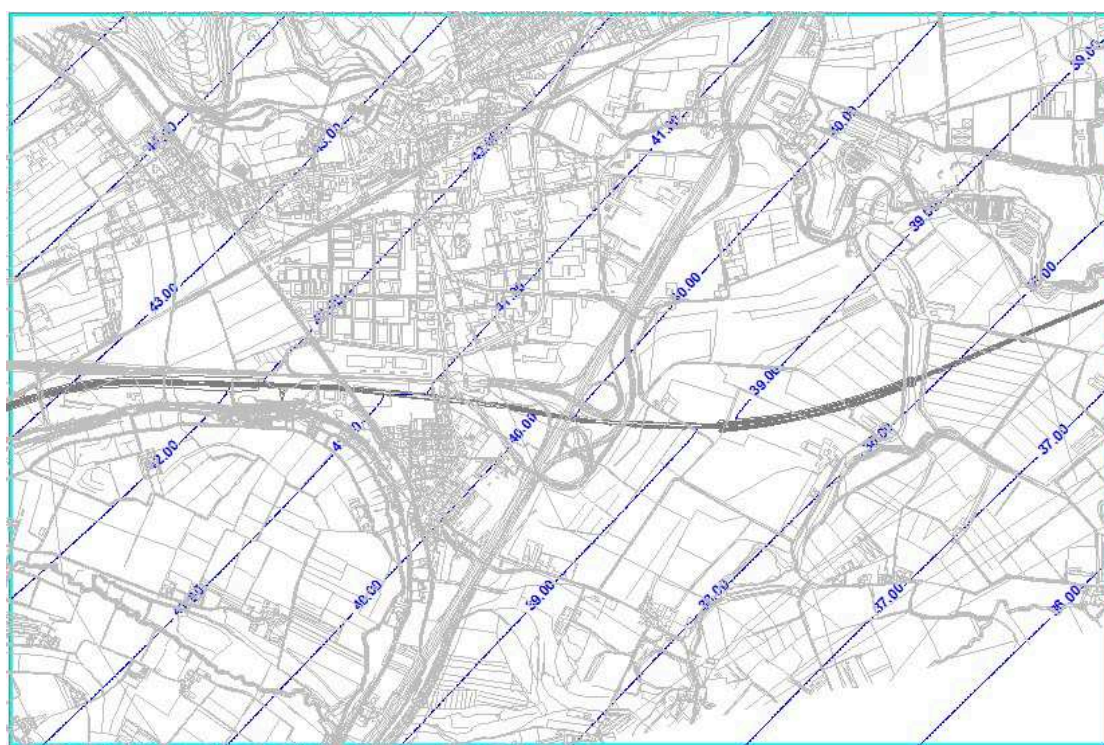
Impatti ancor più limitati si hanno in corrispondenza delle sorgenti di terrazzo ubicate ai piedi della scarpata che limita la piana del Torrente Fibbio, presso le località Cà dell'aglio e Chievo, laddove il modello di calcolo stima, per le sorgenti di Cà dell'Aglio, innalzamenti della falda, quindi incrementi di portata delle 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.



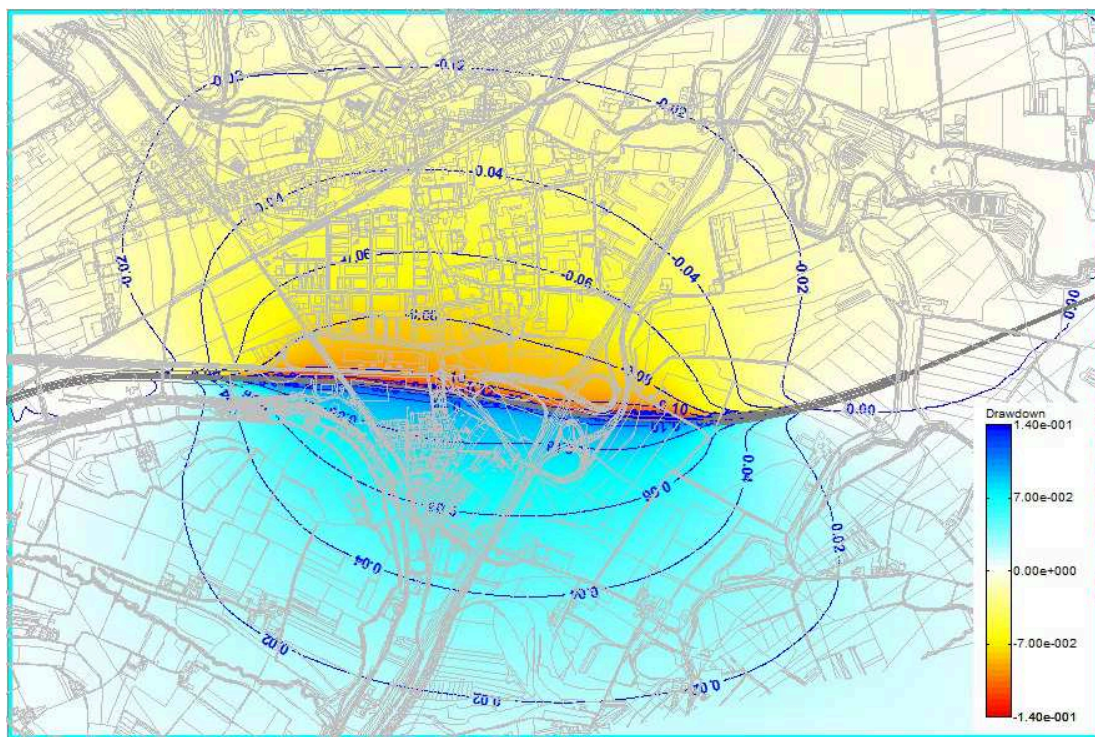
**Figura 53** - Piezometria dinamica (scenario 1) - isopieze con interlinea 1m



**Figura 54** - Isoinnalzamenti e isoabbassamenti scenario 1 - interlinea 0.05 m



**Figura 55** - Piezometria dinamica (scenario 2) - isopieze con interlinea 1 m




**Figura 56** - 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.

#### **5.2.7 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, quelle precedenti e successive a essa, dovranno essere effettuati tutti i controlli necessari per una corretta gestione dei lavori e per la valutazione degli eventuali effetti indotti sulla falda.

 <b>ATI bonifica</b>	<b>Linea AV/AC VERONA – PADOVA</b>	
	<b>1° Sublotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO</b>	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGE0002001A	Pag 165 di 166

In una prima fase si dovranno eseguire indagini integrative finalizzate ad acquisire una migliore conoscenza delle caratteristiche idrogeologiche del sito, tra cui:

- la 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 57.
- Quotatura della bocca foro dei piezometri e del circostante piano campagna;
- 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.
- Esecuzione di prove di pompaggio per la determinazione dei parametri idrogeologici (conducibilità idraulica e trasmissività) dell'acquifero interessato dall'opera; per la realizzazione delle prove di pompaggio si dovranno allestire nell'area in oggetto almeno n. 2 campi prova ciascuno costituiti da n. 1 pozzo e da n. 2 piezometri di controllo; i pozzi e i piezometri dovranno avere profondità di circa 25-30 m, tale da intestarsi entro la lente limoso argillosa, ed essere fenestrati su tutto lo spessore di acquifero.
- Installazione di almeno n. 3-4 datalogger per il rilievo in continuo delle oscillazioni freatiche della falda.

I dati acquisiti potranno consentire di ottimizzare il modello matematico di flusso già implementato in fase preliminare, utilizzando dati sito-specifici.

Durante la fase di realizzazione dell'opera si dovrà inoltre:

- monitorare con datalogger le variazioni del livello di falda indotte dai diaframmi;

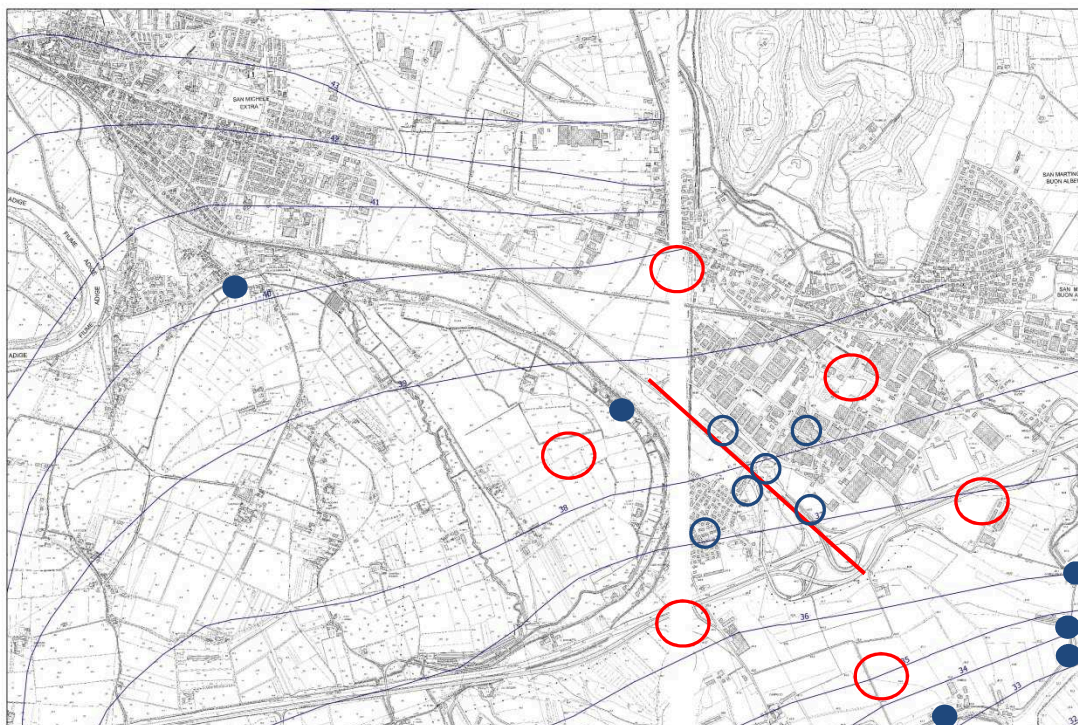
- monitorare la portata delle sorgenti di terrazzo poste in vicinanza dell'opera.

Il monitoraggio in continuo della falda dovrà essere effettuato in continuo, 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 57.



**Figura 57** – 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)