

COMMITTENTE:

LF IMMO SRL
Via Stazione, 5 - 39100 BOLZANO

NOME COMMESSA:

**COMUNE DI ROVERETO (TN)
AREA "LA FAVORITA"**

C.C. LIZZANA - P.F. 996/1, P.F. 996/2, P.F. 996/21 E
P.F. 996/22

STATO DI AVANZAMENTO COMMESSA:

VARIANTE AL PIANO DI LOTTIZZAZIONE CON
EFFETTO DI VARIANTE AL PRG

CODICE COMMESSA:

-

INGEGNERIA:

ing. NICOLA ZUECH

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO

dott. ing. NICOLA ZUECH
ISCRIZIONE ALBO N. 2305

CONSULENTI:

WCS STUDIO - ING. GIORGIO MAZZARAN
GS SERVICE - DR. GEOL. TOMAS GARBARI

OGGETTO:

STUDIO SUL'ACQUIFERO

STATO DI VARIANTE

SCALA:

-

NOME FILE:

CARTIGLIO_04GIUGNO2021.DWG

DATA:

04 GIUGNO 2021

TAVOLA:

2.3

N. REV. DATA REVISIONE

ELABORATO

VERIFICATO
responsabile commessa

VALIDATO
direttore tecnico



Provincia Autonoma di Trento



Comune di Rovereto

Studio dell'acquifero in località Favorita

Relazione tecnica

COMMITENTE:

LF IMMO SRL
Via Museo, 1
39100 Bolzano

REDATTO DA:

Ing. Giorgio Marcazzan
Via Madonnina 9, 38123 - Povo Trento
Studio in Via Dietro le Mura B, 4/2, 38122 - Trento

**ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI TRENTO
GIORGIO MARCAZZAN**

Ingegnere civile e ambientale

Iscritto al N. 3287 d'Albo - Sezione A degli Ingegneri

Maggio 2019

Indice

1.1	PREMESSA	3
1.2	QUADRO CONOSCITIVO	3
1.5	SINTESI DELLE INFORMAZIONI DESUNTE DAL MONITORAGGIO AMBIENTALE	8
1.6	IPOTESI RELATIVE AL MANUFATTO INTERRATO	10
1.6	APPLICAZIONE DI UN CODICE NUMERICO	12
	CODICE UTILIZZATO	12
	CONDIZIONI AL CONTORNO E MODELLO CONCETTUALE	13
	IMPLEMENTAZIONE STATO ATTUALE	17
	IPOTESI DI WELLPOINT	18
	STIMA DEI PERCORSI DI RICHIAMO DI EVENTUALI CONTAMINANTI	19
1.7	CONSIDERAZIONI SUGLI EFFETTI ATTESI LEGATI ALLA REALIZZAZIONE DI UN VOLUME INTERRATO	23
1.8	CONCLUSIONI	25

ALLEGATI

INDAGINI GEOLETTRICHE PRESSO LA FAVORITA

Indice delle figure

<i>Figura 1. P.ed. oggetto dell'iniziativa immobiliare ed ubicazione dei piezometri oggetto del monitoraggio diretto nei mesi di aprile-maggio 2019.</i>	4
<i>Figura 2. Rappresentazione dei siti oggetto di procedimento di bonifica ai sensi del d.lgs. 152/06 (fonte: Geocatalogo SIAT) in relazione alle due particelle di interesse.</i>	6
<i>Figura 3. Rappresentazione delle sostanze rilevate presso i siti oggetto di procedimento di bonifica ai sensi del d.lgs. 152/06 (fonte: Geocatalogo SIAT) in relazione alle due particelle di interesse.</i>	7
<i>Figura 4. Rappresentazione dei pozzi in funzione delle portate concesse massime.</i>	7
<i>Figura 5. Freatimetria relativa ai piezometri oggetto del monitoraggio e pioggia cumulata.</i>	8
<i>Figura 6. Rappresentazione delle isofreatiche a partire dai dati oggetto di misurazione dirette il giorno 14 maggio 2019 (interpolazione lineare).</i>	9
<i>Figura 7. Andamento delle temperature medie orarie delle acque durante il periodo di osservazione nei differenti piezometri.</i>	9
<i>Figura 8. Rappresentazione delle temperature medie misurate dagli acquisitori in continuo.</i>	10
<i>Figura 9. Sedime del volume interrato per ospitare i 50 posti auto previsti.</i>	11
<i>Figura 10. Mappa delle conducibilità idrauliche ricostruite a partire dalle stime di trasmissività riproposte dallo studio di Geolp del 2008.</i>	13
<i>Figura 11. Stratigrafia del pozzo utilizzato dal geol. P. Ioli nella caratterizzazione delle proprietà idrauliche in zona Favorita.</i>	15
<i>Figura 12. Mappa delle zone a diversa conducibilità idraulica</i>	16
<i>Figura 13. Mappa delle isofreatiche nei dintorni del sito di studio nelle condizioni indisturbate.</i>	17
<i>Figura 14. Mappa delle isofreatiche nei dintorni del sito di studio nelle condizioni di cantiere, con wellpoint attivo</i>	18
<i>Figura 15. Mappa dei percorsi seguiti dalle particelle in contesto di falda indisturbata per una durata pari al periodo di cantiere (i punti gialli rappresentano ipotetiche fonti primarie di inquinanti, le linee rosse il percorso dopo 1 anno).</i>	19
<i>Figura 16. Mappa dei percorsi seguiti dalle particelle in contesto di attivazione del wellpoint, per una durata pari al periodo di cantiere (i punti gialli rappresentano ipotetiche fonti primarie di inquinanti, le linee rosse il percorso dopo 1 anno).</i>	20
<i>Figura 17. Mappa dei percorsi seguiti dalle particelle in contesto indisturbato, considerando tutto l'arco industriale quale potenziale fonte di contaminazione (i punti gialli rappresentano ipotetiche fonti primarie di inquinanti, le linee rosse il percorso dopo 1 anno).</i>	21
<i>Figura 18. Mappa dei percorsi seguiti dalle particelle in contesto impattato da wellpoint, considerando tutto l'arco industriale quale potenziale fonte di contaminazione (i punti gialli rappresentano ipotetiche fonti primarie di inquinanti, le linee rosse il percorso dopo 1 anno).</i>	22

1.1 Premessa

Nella presente relazione si effettua un approfondimento tecnico delle dinamiche relative alla falda in località la Favorita. L'elaborato, commissionato dalla società LF Immo srl proprietaria delle p.ed. 996/1 e 996/2 C.C. Lizzana, è mirato a valutare i potenziali effetti a carattere locale indotti dalla realizzazione di un manufatto interrato.

Il presente studio è redatto al fine di completare il quadro conoscitivo introdotto dalla "Relazione integrativa ma non innovativa in merito alla sostenibilità ambientale e alla sicurezza dell'intervento a supporto della richiesta di deroga urbanistica", redatta da ing. Nicola Zuech e dr. Geol. Marco Cavalieri di marzo 2019.

Lo studio, basato su attività di campo (misure freaticometriche puntuali ed in continuo di diversi piezometri ed indagini geoelettriche), concerne in valutazioni sulle dinamiche di falda locali, sul cono d'influenza generato, sulla qualità delle acque intercettate in relazione all'emungimento previsto in fase di realizzazione, nonché agli effetti attesi a seguito di tali interferenze.

E' noto che la zona oggetto della lottizzazione sia caratterizzata da soggiacenze della falda limitate che generano fenomeni di allagamento di interrati/sottopassi e che l'area sia compresa tra quelle classificate come "area di attenzione per potenziale alterazione qualitativa della falda" nell'ambito della Carta della criticità idrica sotterranea redatta ai sensi dell'art. 10 delle norme di attuazione del piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche.

L'attività è stata preceduta da una fase di raccolta dati ed informazioni che hanno coinvolto La Fondazione Museo Civico di Rovereto, ADEP (Agenzia per la Depurazione) ed il Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento, ed il Comune di Rovereto.

Al presente lavoro hanno collaborato l'ing. Oscar Cainelli per le simulazioni numeriche, il dott. Thomas Garbari per le indagini geofisiche ed il dott. Antonio Dal Lago per i rilievi di campo.

1.2 Quadro conoscitivo

Il quadro conoscitivo iniziale è stato redatto sulla scorta della seguente documentazione:

- Caratterizzazione del sottosuolo della zona industriale di Rovereto tramite procedure di indagini dinamiche (predisposizione di una base dati GIS) – ottobre 2005 – Redatto da Dott Geol. Michela Canali in collaborazione con la Fondazione Museo civico di Rovereto per il Servizio Tutela del Territorio del Comune di Rovereto.

- Studio idrogeologico, Acquisizione ed elaborazione dati di base per la predisposizione del modello numerico dell'acquifero della zona industriale di Rovereto (TN) – Relazione finale – Febbraio 2008 – redatto da Studio Associato Geolp per la Provincia Autonoma di Trento, Progetto Speciale Recupero Ambientale ed Urbanistico delle Aree Industriali.
- Studio geologico preliminare di inquadramento dell'assetto idrogeologico della p.f. 996/1 – 996/2 – C.C. Lizzana - Dicembre 2018 – redatto da dott. geologo. Marco Cavalieri;

La documentazione consultata fa generalmente riferimento ad un set di piezometri che si è ampliata nel tempo sia in termini di numero che di acquisizione dati. Tale rete, gestita in parte dal Servizio Geologico ed in parte dalla Fondazione Museo Civico di Rovereto, costituisce una fonte di dati essenziale per la ricostruzione delle dinamiche dell'acquifero. In base a requisiti di carattere idrologico alcuni piezometri sono stati oggetto di uno specifico monitoraggio che ha avuto luogo nei mesi di aprile-maggio 2019.

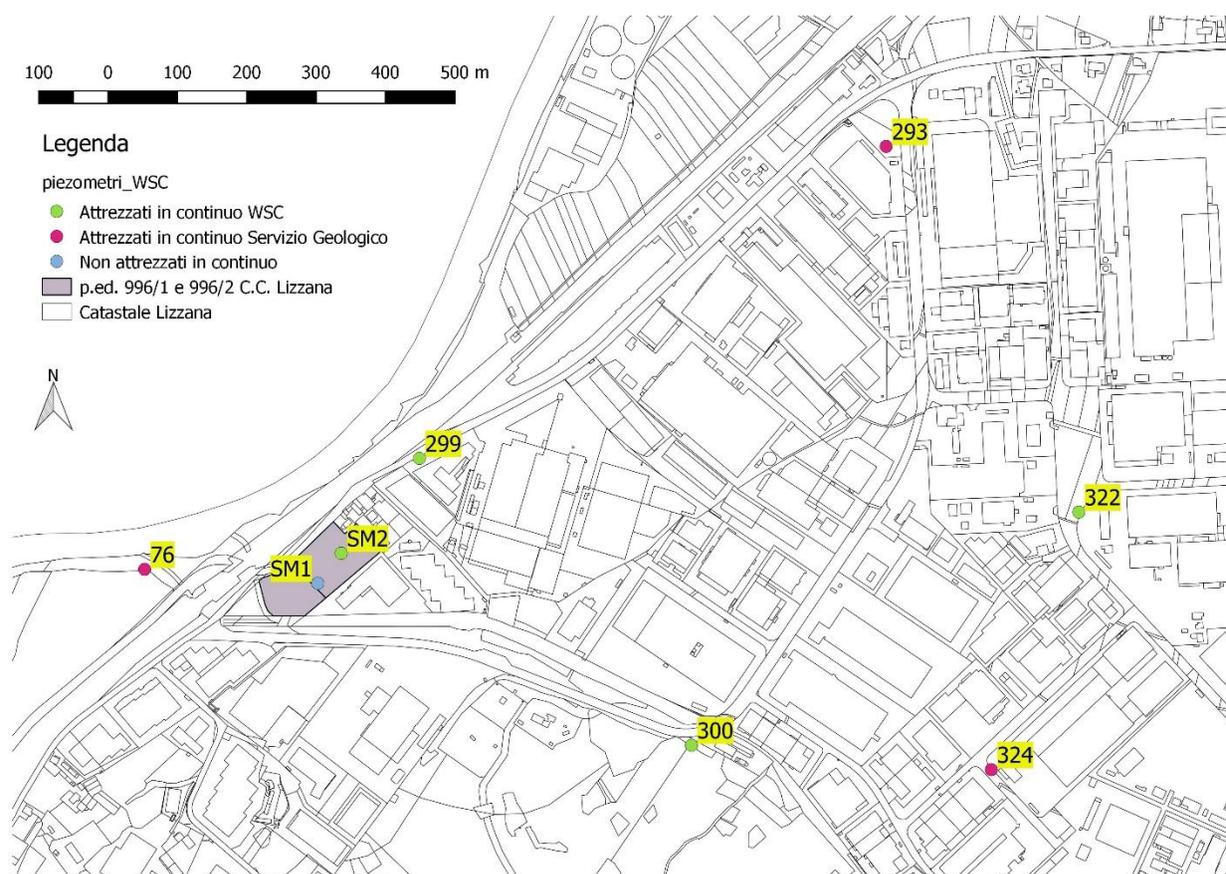


Figura 1. P.ed. oggetto dell'iniziativa immobiliare ed ubicazione dei piezometri oggetto del monitoraggio diretto nei mesi di aprile-maggio 2019.

All'interno delle particelle interessate di proprietà della LF Immo srl in dicembre 2018 sono stati terebrati due piezometri quali strumento conoscitivo del sottosuolo e del livello di falda denominati SM1 ed SM2. In particolare il piezometro SM2 è stato oggetto di una prova di trasmissività con metodo geoelettrico la cui rendicontazione di dettaglio è riportato in allegato alla presente relazione.

Tabella 1. Caratteristiche degli accessi alla falda oggetto di misurazioni dirette.

Piezometro	Quota testa pozzo	Diametro	Profondità
	[m slm]		[m]
293	172,32	4"	15,0
324	170,98	3"	10,0
76	169,03	3"	14,5
SM2	168,49	2"	14,7
299	168,98	4"	14,3
300	172,69	4"	14,2
322	172,45	3"	9,5
SM1	168,45	2"	14,6

Le indagini integrative effettuate hanno permesso di caratterizzare in modo più dettagliato l'acquifero e di consolidare per mezzo di misure dirette le conoscenze acquisite per disporre di dati propedeutici all'applicazione di un codice di simulazione delle dinamiche dell'acquifero.

Per quanto attiene gli aspetti qualitativi delle acque si riporta nel seguito la rappresentazione di principali siti oggetto di indagine ai sensi del d.lgs. 152/06 in prossimità dell'area di interesse (fonte: Anagrafe dei siti oggetto di procedimento di bonifica aggiornamento 29/01/2019 edito da APPA). Tali localizzazioni riportano, secondo la normativa vigente, le seguenti categorie:

... "Siti potenzialmente contaminati: comprendono tutte le situazioni di potenziale contaminazione notificate (ai sensi degli artt. 242, 245 o 244 del d.lgs. 152/06). La classificazione di sito potenzialmente contaminato rimane fino a quando non viene approvata un'analisi di rischio che ne determina la classificazione come "sito contaminato" o "sito non contaminato", oppure fino al completamento degli interventi di bonifica qualora il sito sia gestito in procedura semplificata (ai sensi dell'art. 242bis o 249 del d.lgs. 152/06).

Siti contaminati: rappresentano i siti che sono risultati contaminati a valle di un'analisi di rischio sito specifica (contaminazione con concentrazioni superiori alle concentrazioni soglia di rischio) o che risultano inquinati ai sensi del DM 471/99 (iscritti in anagrafe anteriormente all'entrata in vigore del d.lgs. 152/06).

Siti bonificati: rappresentano i siti bonificati (in procedura ordinaria o semplificata) ed i siti con messa in sicurezza permanente e procedimento concluso.

Siti non contaminati: siti con superamento delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC di cui all'allegato 5 alla parte IV del d.lgs. 152/06) ma non superamento delle concentrazioni soglia di rischio (CSR) calcolate con analisi di rischio sito specifica. In quest'ultimo caso possono essere previsti eventuali vincoli di utilizzo dell'area."...

Ogni sito è stato oggetto di indagini a carattere ambientale tramite misurazioni analitiche dirette. In base a tali determinazioni l'anagrafe fa presupporre, per le aree prossime al sito in esame, la presenza di solventi clorurati, idrocarburi, xileni, naftalene, toluene, metalli.

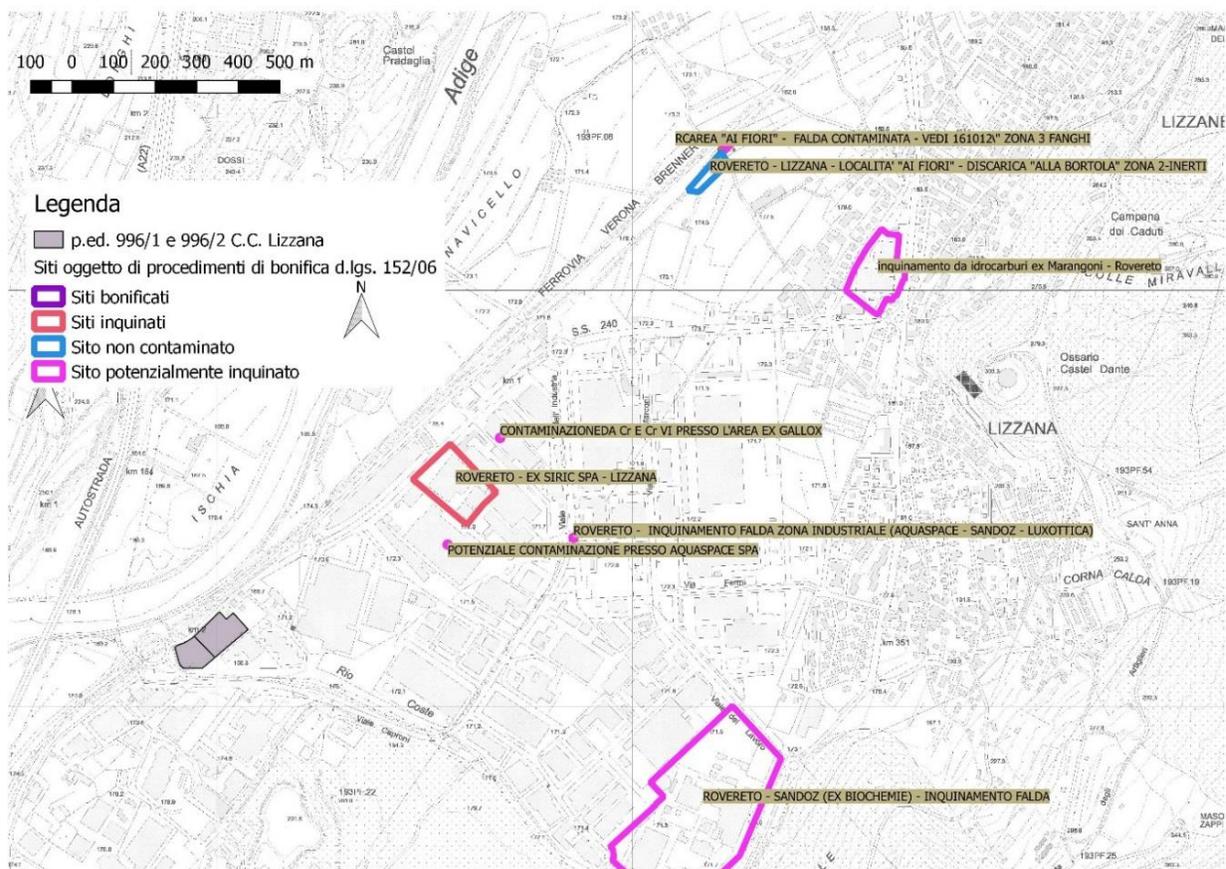


Figura 2. Rappresentazione dei siti oggetto di procedimento di bonifica ai sensi del d.lgs. 152/06 (fonte. Geocatalogo SIAT) in relazione alle due particelle di interesse.

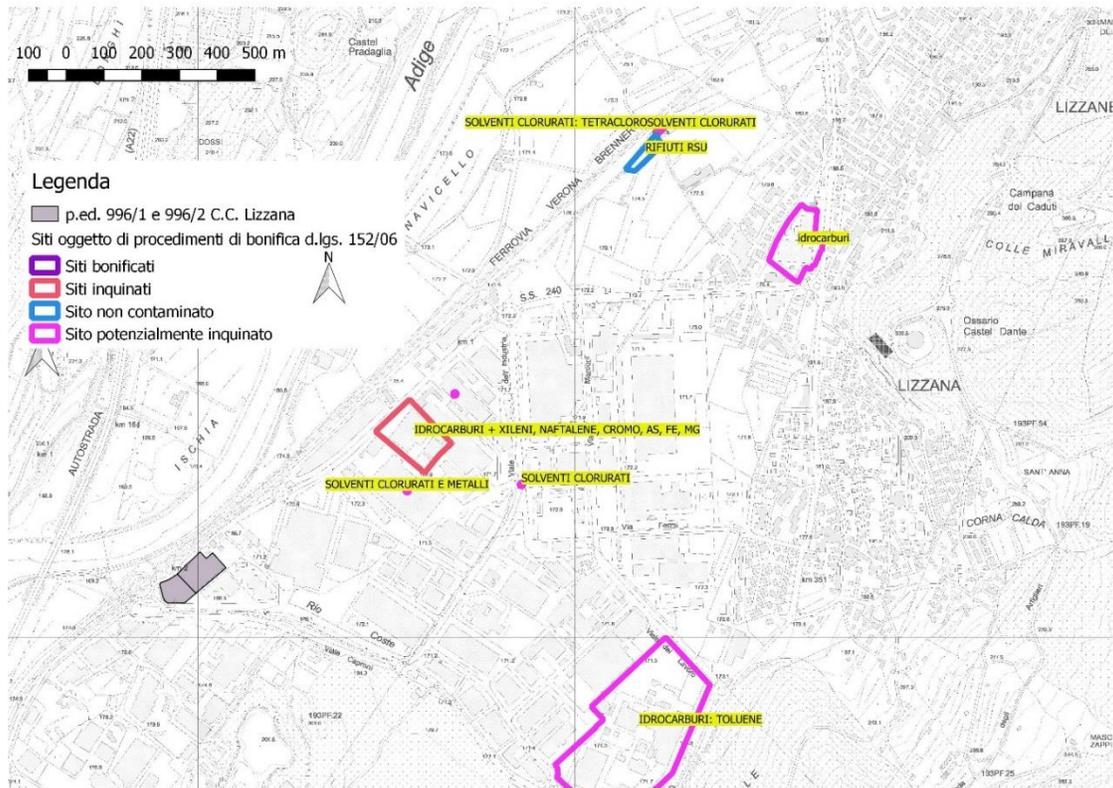


Figura 3. Rappresentazione delle sostanze rilevate presso i siti oggetto di procedimento di bonifica ai sensi del d.lgs. 152/06 (fonte: Geocatalogo SIAT) in relazione alle due particelle di interesse.

Per quanto attiene le concessioni a derivare da pozzo si riporta una rappresentazione dei punti di derivazione dall'acquifero classificate secondo la portata massima concessa.

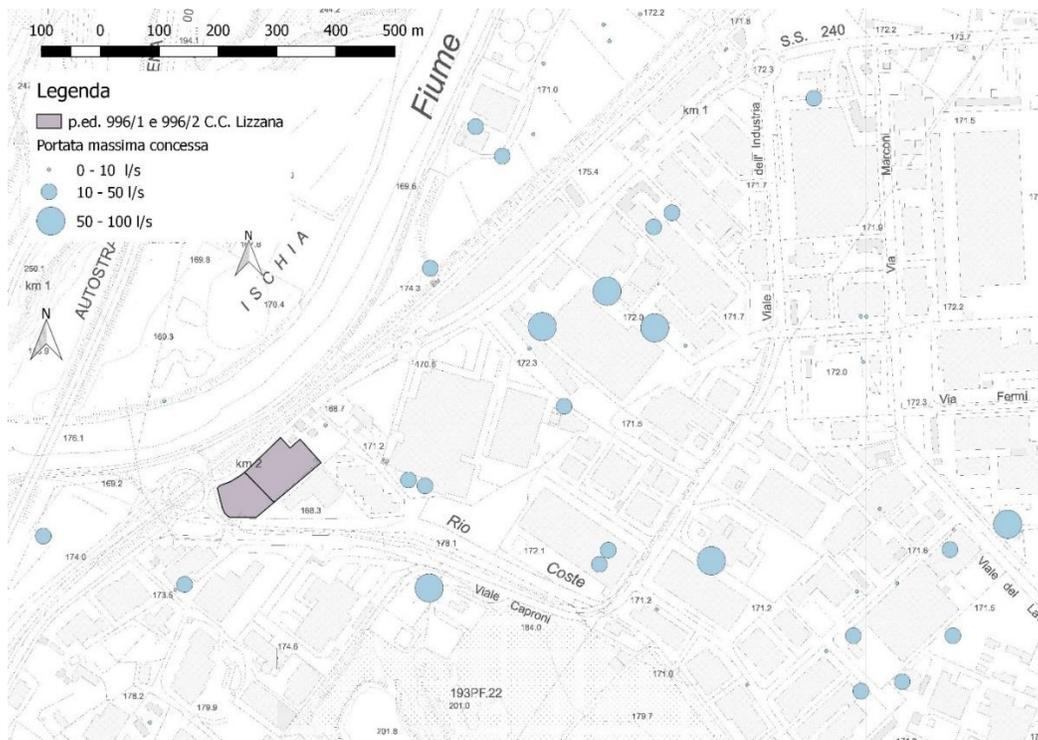


Figura 4. Rappresentazione dei pozzi in funzione delle portate concesse massime.

1.5 Sintesi delle Informazioni desunte dal monitoraggio ambientale

Si riportano di seguito i dati misurati dagli acquisitori in continuo installati ed il relativo commento.



Figura 5. Freatimetria relativa ai piezometri oggetto del monitoraggio e pioggia cumulata.

Nella precedente figura è rappresentato l'andamento freaticometrico dei piezometri oggetto del monitoraggio. E' evidente l'effetto degli afflussi meteorici che, a partire dal 23 aprile hanno interessato la regione. Tutti gli acquisitori mostrano un andamento coerente

con le precipitazioni. I piezometri terebrati in prossimità dell'Adige (76 e 299) mostrano una marcata fluttuazione a carattere oraria durante i periodi di magra idrologica, influenza diretta delle fluttuazioni del corso d'acqua sull'acquifero. Va comunque considerata anche la presenza dei prelievi dalla falda i cui quantitativi massimi concessi sono rappresentati nella precedente figura. La freaticimetria del piezometro SM2, interno all'area oggetto dell'iniziativa immobiliare, seppur coerente con l'andamento generale della falda mostra una minore correlazione con tali fluttuazioni, probabilmente dovuta a fattori locali.

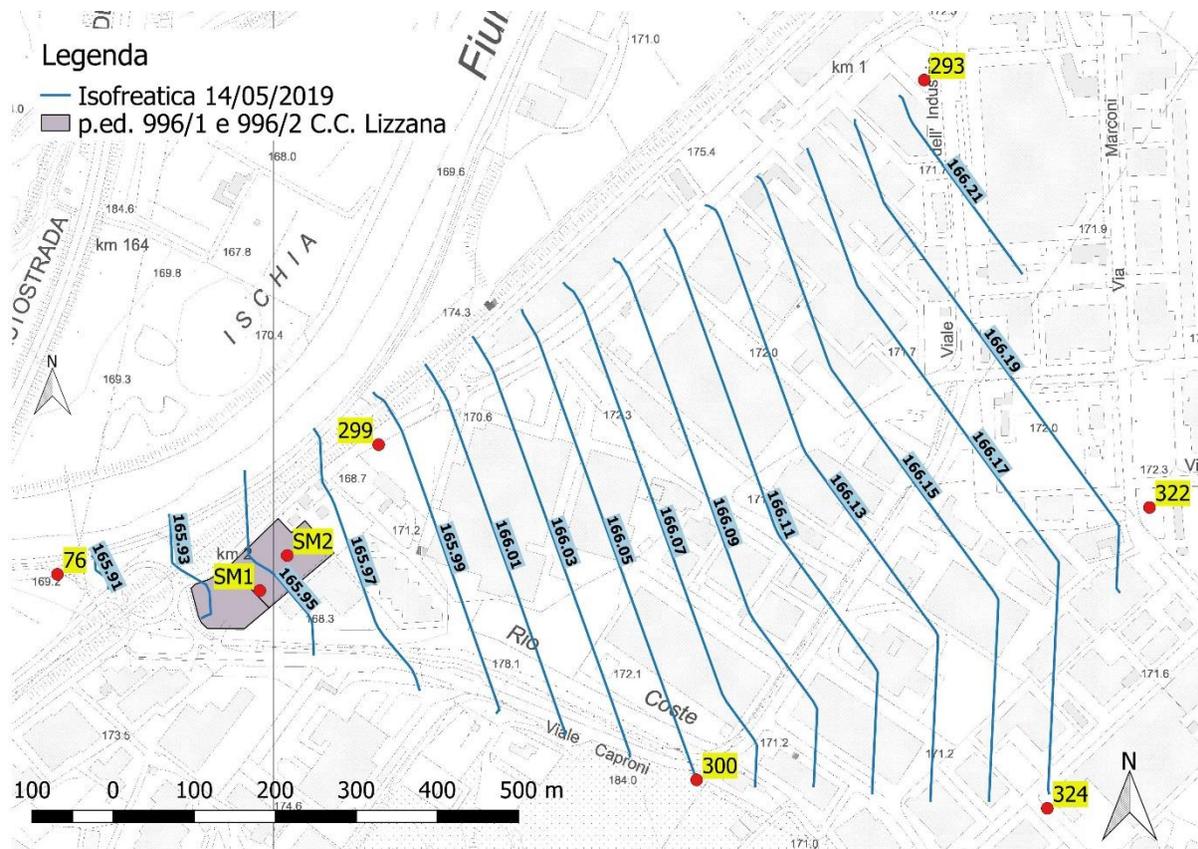
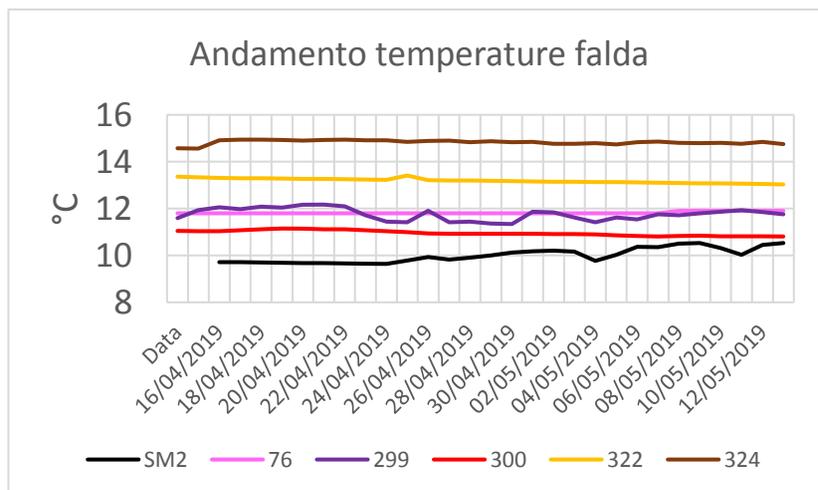


Figura 6. Rappresentazione delle isofreatiche a partire dai dati oggetto di misurazione dirette il giorno 14 maggio 2019 (interpolazione lineare).



Per quanto riguarda l'acquisizione in continuo del parametro temperatura si rimanda al grafico di figura 7.

Figura 7. Andamento delle temperature medie orarie delle acque durante il periodo di osservazione nei differenti piezometri.

Il rilievo mostra temperature variabili in un range piuttosto elevato (5-6°) possibile indicatore di differenti condizioni al contorno dell'acquifero ma molto probabilmente legato anche all'alterazione dovuta all'utilizzo antropico.

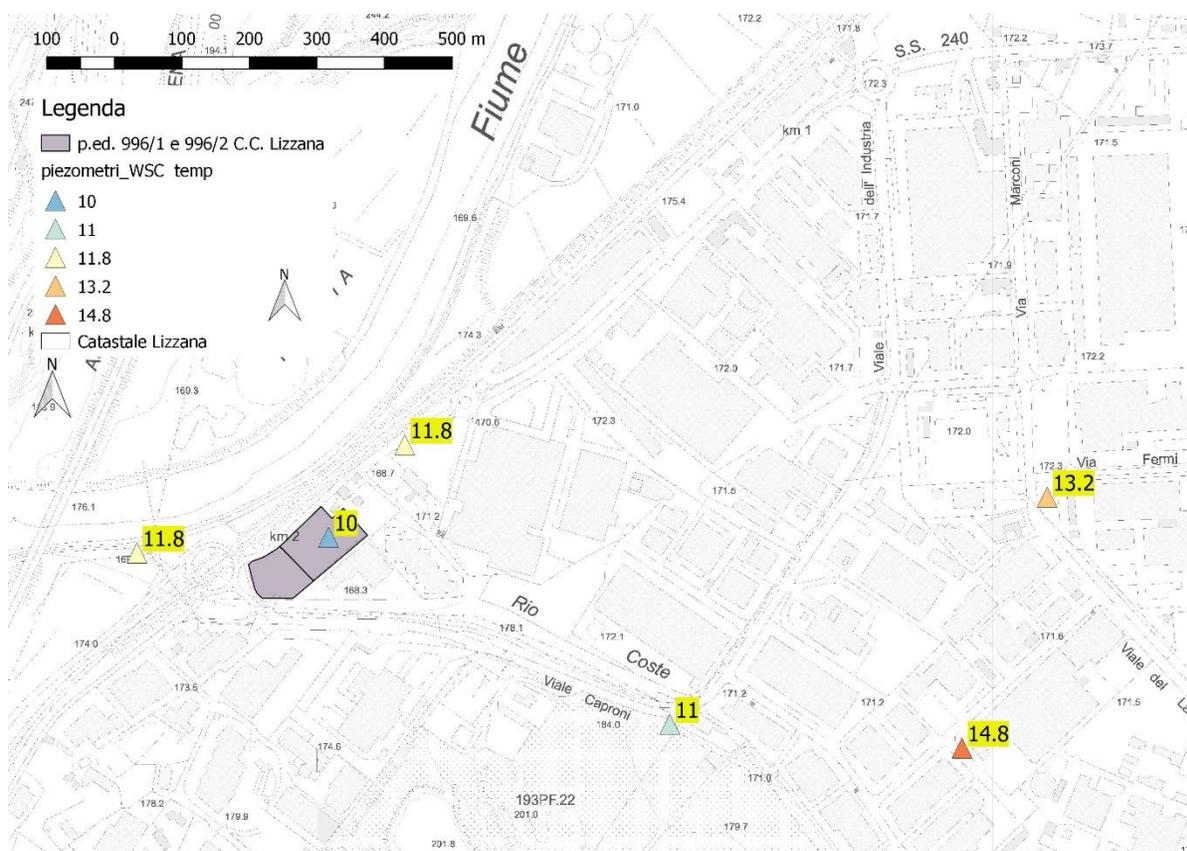


Figura 8. Rappresentazione delle temperature medie misurate dagli acquisitori in continuo.

1.6 Ipotesi relative al manufatto interrato

L'ipotesi di un parcheggio interrato deriva dalle disposizioni provinciali in materia di commercio¹ che stabiliscono che una parte dei parcheggi pertinenziali, il 30%, debba essere collocata in volumi interrati. Specifiche valutazioni per l'ambito urbanistico previsto per la zona fornisce un totale di 165 posti auto, ovvero la quota da interrare corrisponde a 50 posti auto. Al fine delle valutazioni idrologiche e considerando gli spazi accessori per un parcheggio interrato ed si ipotizza una volume interrato a forma rettangolare con lati 30 e 60 metri. Per quanto riguarda l'approfondimento del manufatto si ipotizza che il piano di posa sia collocato a -4,5 m dal piano campagna.

¹ Rif. art. 3 comma 2 lettera d) "Parcheggi pertinenziali" del testo coordinato dell'Allegato parte integrante alla deliberazione della Giunta provinciale n° 1339 di data 1 luglio 2013, come modificato dalla deliberazione della Giunta provinciale n° 1751 di data 27 ottobre 2017.

Le misure freatiche e dati storici confermano la presenza di una falda superficiale con spessori dell'ordine di 2,5-3,0 m. Tale condizione presuppone due possibili interferenze con la falda in fase di realizzazione dell'opera e durante la vita della stessa.

In fase di cantiere si impone la realizzazione di un well points abbinato ad un diaframma plastico. Al fine di contrastare la spinta di galleggiamento si ipotizza un periodo di pompaggio pari ad un anno, durante il quale si ipotizza completata la parte dell'opera necessaria a fornire il peso utile.

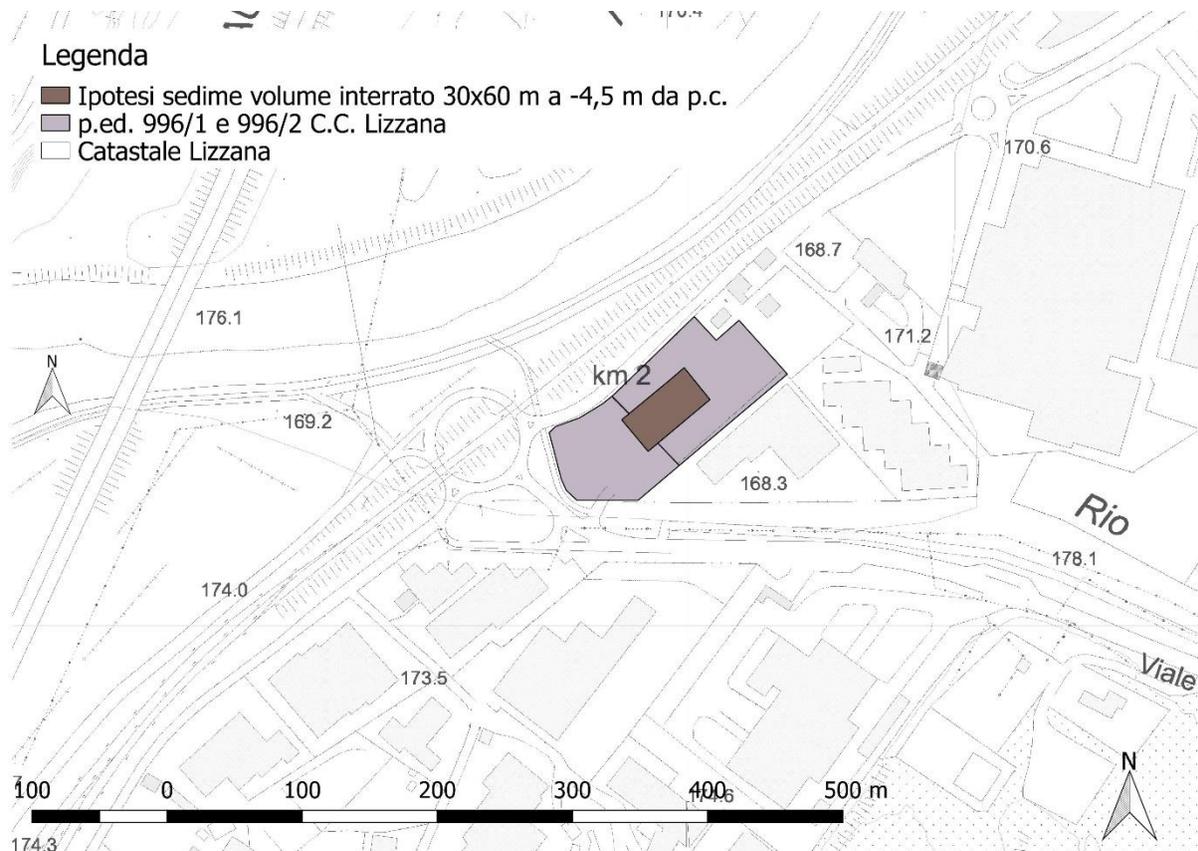


Figura 9. Sedime del volume interrato per ospitare i 50 posti auto previsti.

In fase di vita dell'opera l'interferenza è legata alla possibile ostruzione causata al deflusso sotterraneo dall'ingombro del manufatto, la cui incidenza potrebbe essere incrementata da diaframmi posti in opera durante la realizzazione dell'opera.

Tali considerazioni saranno parte delle condizioni al contorno necessarie all'applicazione di un codice di calcolo per simulare le dinamiche di falda.

1.6 Applicazione di un codice numerico

In questo paragrafo viene descritta l'applicazione di un modello numerico volto a simulare le dinamiche di falda nei pressi del sito in oggetto. Scopo dell'applicazione numerica è di valutare l'impatto sull'acquifero dell'eventuale realizzazione dell'opera interrata. Ciò comporta la valutazione sia della fase di "cantiere", ovvero nelle condizioni legate all'abbattimento del livello di falda tramite pompaggio, sia della successiva fase operativa, dove si valuta l'impatto duraturo del manufatto immerso in falda.

Durante l'ipotetica fase di realizzazione dell'interrato, si rende necessario deprimere la falda in corrispondenza del sito al fine di poter procedere con gli scavi e la posa delle fondazioni. Come descritto in precedenza, si ipotizza che l'interrato consti di un manufatto di superficie 60 m x 30 m, con il lato lungo parallelo alla vicina SS 240. La profondità di appoggio delle fondazioni si presume raggiunga i 4.5 m di profondità, e si suppone di dover deprimere la falda di ulteriori 1.5 m al fine di consentire il corretto approntamento del sito ai fini dell'intervento.

Considerando una quota di piano campagna di partenza pari a 168.5 m slm, l'abbattimento della falda non deve superare, nel punto più alto interno alla zona di scavo, i 162.5 m slm. Oltre a questo, nell'ipotesi di scavo, si prevede la realizzazione di un diaframma plastico a contorno della superficie di scavo che si approfondisce per 10 m dal p.c. Durante la fase di pompaggio il setto ha lo scopo di calmierare l'impatto del pompaggio sulla falda esterna allo stesso.

Quando il grado di avanzamento dell'opera ha raggiunto uno sviluppo tale, in termini di peso, da riuscire a contrastare la sottospinta della falda, il pompaggio viene interrotto e la falda è lasciata libera di tornare al proprio equilibrio. A questo punto, l'impatto della struttura in falda è rappresentato dalla presenza del setto di 10 m di approfondimento e dalla base dell'edificio che si immerge in falda fino a profondità di 4.5 m dal p.c.

Codice utilizzato

Il software utilizzato per le simulazioni è il pacchetto GMS (Groundwater Modeling System) della Aquaveo LCC. Tale software si pone quale interfaccia per l'utilizzo del modello numerico MODFLOW di simulazione dei flussi di falda. Quest'ultimo, realizzato dall'USGS, è divenuto nel tempo un riferimento a livello internazionale nella simulazione dei processi di falda.

A fianco al modello di calcolo dei flussi di falda, al fine di stabilire le direttrici di movimento di ipotetiche particelle inquinanti presenti nell'acquifero, è stato utilizzato il modello MODPATH, il quale ripercorre il campo di velocità prodotto dal modello MODFLOW attraverso un semplice algoritmo di particle tracking.

Condizioni al contorno e modello concettuale

La costruzione del modello numerico ha come obiettivo lo studio della zona della Favorita, tuttavia al fine di limitare l'impatto dovuto alla vicinanza delle condizioni al contorno, lo stesso è stato esteso verso nord su buona parte della zona industriale e verso valle fino quasi al casello di Rovereto Sud, inglobando al suo interno l'ammasso franoso dei Lavini. Molti aspetti, legati soprattutto all'eterogeneità spaziale delle proprietà idrauliche ed alla struttura geologica, sono stati semplificati in quanto il modello non ha lo scopo di ricostruire nel dettaglio le dinamiche dell'intera area. Lo scopo è di fornire uno strumento di supporto nella comprensione dell'impatto legato a fenomeni fortemente impattanti quali l'imposizione di pompaggio continuativo in prossimità del sito.

Gran parte delle informazioni utilizzate nell'implementazione del modello numerico sono state inferite dagli studi disponibili. In particolare nello studio redatto da Geolp del 2008 sono riportati un certo numero di risultati di prove di pompaggio con le relative stime di trasmissività dell'acquifero. Da queste, ipotizzando uno spessore dell'acquifero superficiale, così come riportato nei documenti citati, pari a 40 m circa, si è potuto ricavare dei valori indicativi per la conducibilità idraulica.

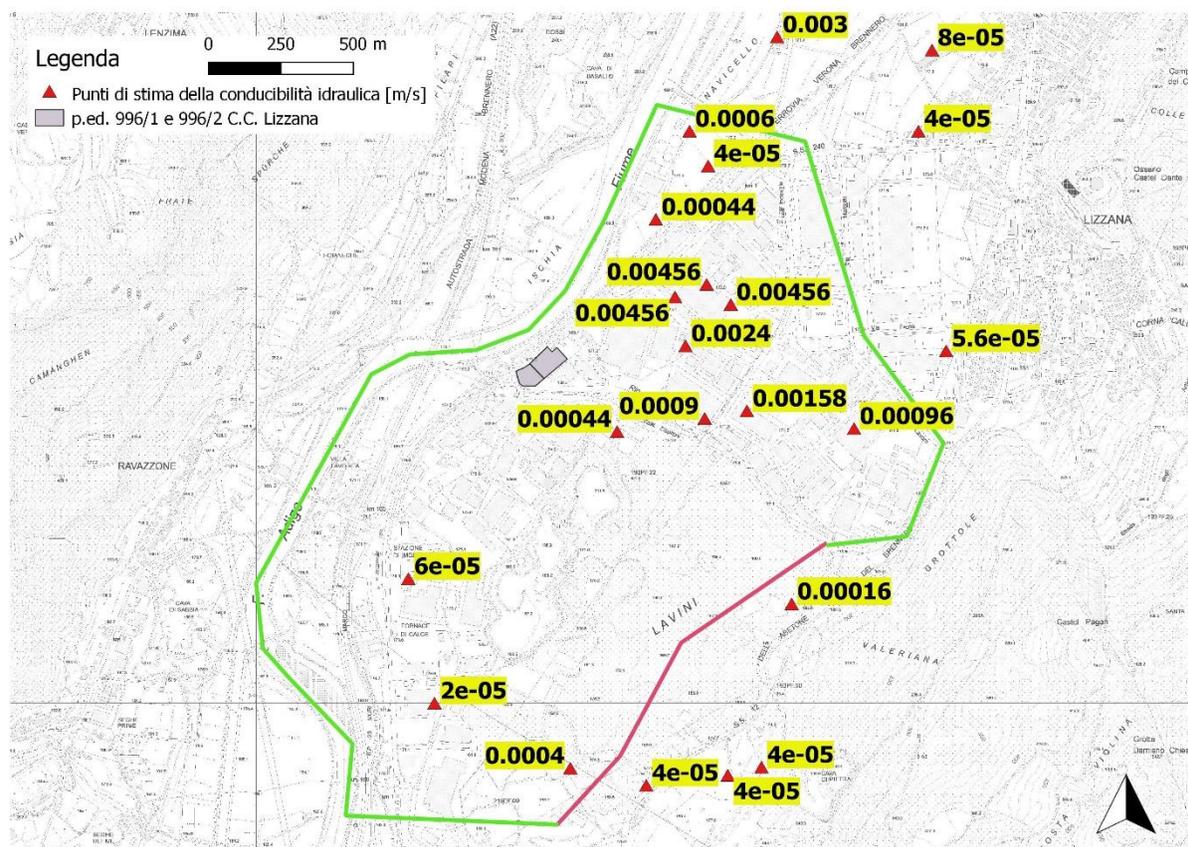


Figura 10. Mappa delle conducibilità idrauliche ricostruite a partire dalle stime di trasmissività riproposte dallo studio di Geolp del 2008.

Tali valori sono rappresentati in Figura 10, e per la zona della Favorita collimano con dati di prove di pompaggio reperiti presso il Comune di Rovereto.

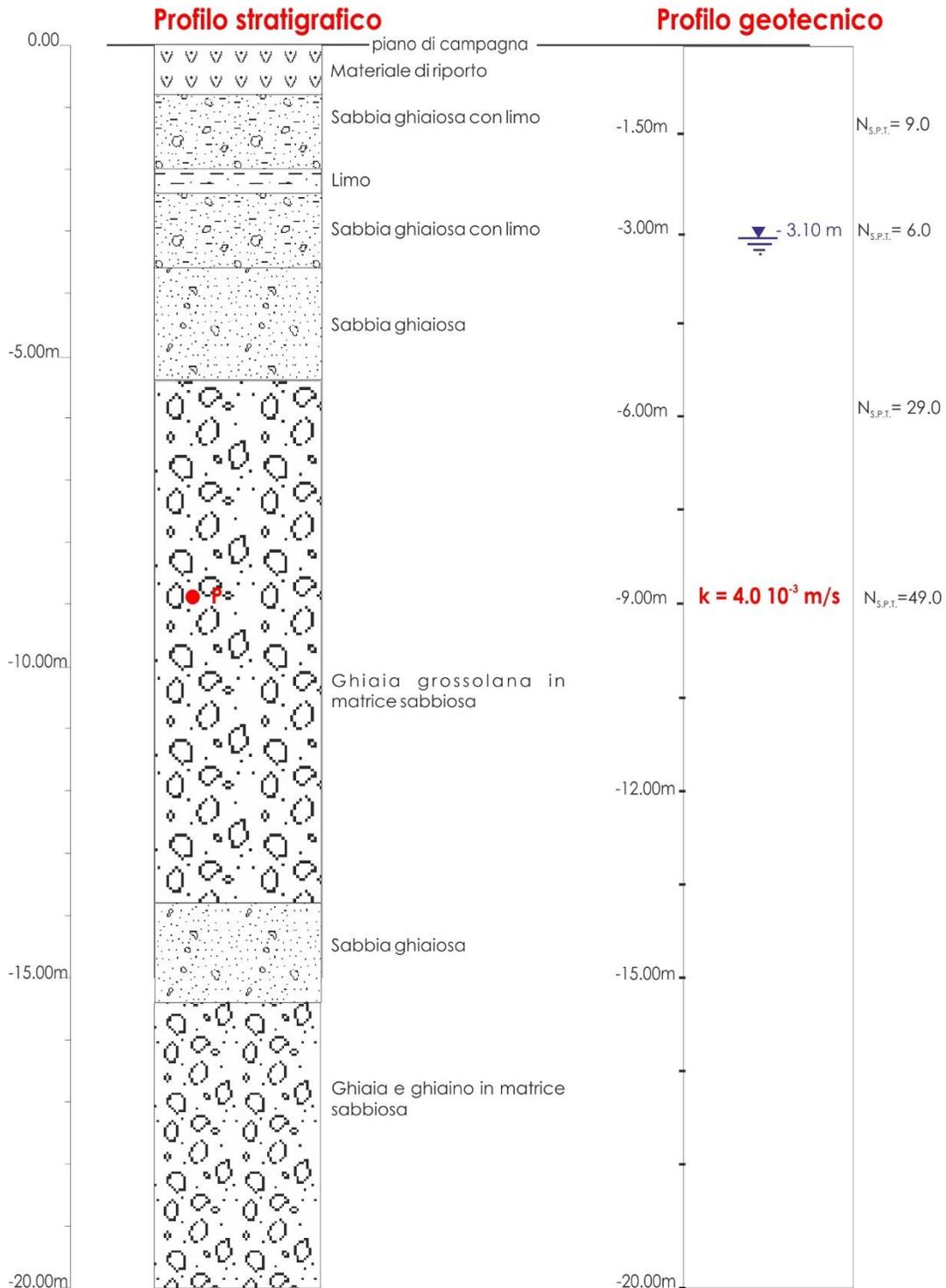
La modellazione eseguita nella parte a nord della frana dei Lavini presuppone che l'acquifero sia approssimabile con una matrice molto conduttiva più o meno su tutta la profondità considerata. In prossimità dell'area dei Lavini, l'ammasso franoso si immerge nella matrice permeabile fino a profondità dell'ordine di 15-20 m rispetto alla quota del p.c. della zona industriale, estendendo il suo impatto fino a lambire la zona della Favorita. L'ipotesi di partenza è che la permeabilità dell'ammasso sia inferiore a quella dell'acquifero sottostante, e di conseguenza impatti sui flussi di falda che permeano al di sotto della frana. In tal senso si può ritenere che la sezione utile di acquifero sia di fatto ridotta rispetto alla zona indisturbata della Favorita.

Un'altra ipotesi è che il peso dell'ammasso abbia inciso sul grado di compattazione del sedimento di cui è composto l'acquifero sottostante, riducendone la conducibilità idraulica.

Di fatto la conformazione geologica del sito fa presupporre che i flussi di falda, pur distribuendosi lungo tutta la sezione valliva, siano volumetricamente più importanti in corrispondenza del "corridoio" della Favorita, mentre siano più ridotti nella porzione di acquifero sottostante la frana dei Lavini.

Dalla mappa di Figura 10, risulta evidente che a monte della zona dei Lavini le conducibilità siano piuttosto elevate, dell'ordine di $1E-3$ m/s. Tali conducibilità sono state riscontrate anche in zona Favorita attraverso prove di pompaggio i cui dati sono stati reperiti presso il Comune di Rovereto nella relazione a firma geol. P. Ioli, inerente il progetto della nuova circonvallazione ai Fiori. In Figura 11 è riportato l'estratto della stratigrafia di un pozzo realizzato in prossimità dell'EDIL 5 in zona Favorita, e riporta il valore di conducibilità idraulica ricavato attraverso prova di pompaggio.

Sondaggio 1,
all'altezza del tombone della Statale del Garda in direzione Mori, verso l'Edil5



● P Prova di permeabilità

Figura 11. Stratigrafia del pozzo utilizzato dal geol. P. Ioli nella caratterizzazione delle proprietà idrauliche in zona Favorita.

Verso valle le permeabilità paiono più contenute, di almeno un ordine di grandezza. Tuttavia questa porzione di territorio, sebbene modellata, è di ridotto interesse per gli scopi di questo studio. In Tabella 2 sono riportate le conducibilità idrauliche utilizzate nella modellazione per le varie zone interne al dominio di calcolo raffigurate in Figura 12.

Tabella 2. Conducibilità idraulica delle diverse zone dell'acquifero.

Zona/unità geologica	Conducibilità idraulica [m/s]
Zona 1	4,5 E-3
Zona 2	4 E-3
Zona 3	1 E-3
Zona 4 frana	6 E-9
Zona 4 acquifero sotto frana	6 E-6
Zona 5	4 E-3
Zona 6	4 E-4

Sempre in Figura 10 sono raffigurati i confini dell'area modellata, i quali sono suddivisi in due tipologie di comportamento. In particolare le porzioni di confine contrassegnate in verde rappresentano bordi in cui le condizioni al contorno sono di piezometria nota (ricostruita dai dati freaticometrici disponibili), mentre sotto l'ammasso, nel tratto contrassegnato in rosso, si ipotizza apporto laterale nullo dal versante.

Per quanto riguarda le concessioni idriche raffigurate in Figura 4, le stesse sono state trascurate sia per la non conoscenza degli utilizzi reali operati dai proprietari, sia al fine di porsi in favore di sicurezza in quanto gli eventuali pompaggi fungerebbero da barriera idraulica verso gli effetti potenziali del sistema di abbattimento della falda che si renderebbe necessario nel sito della Favorita.

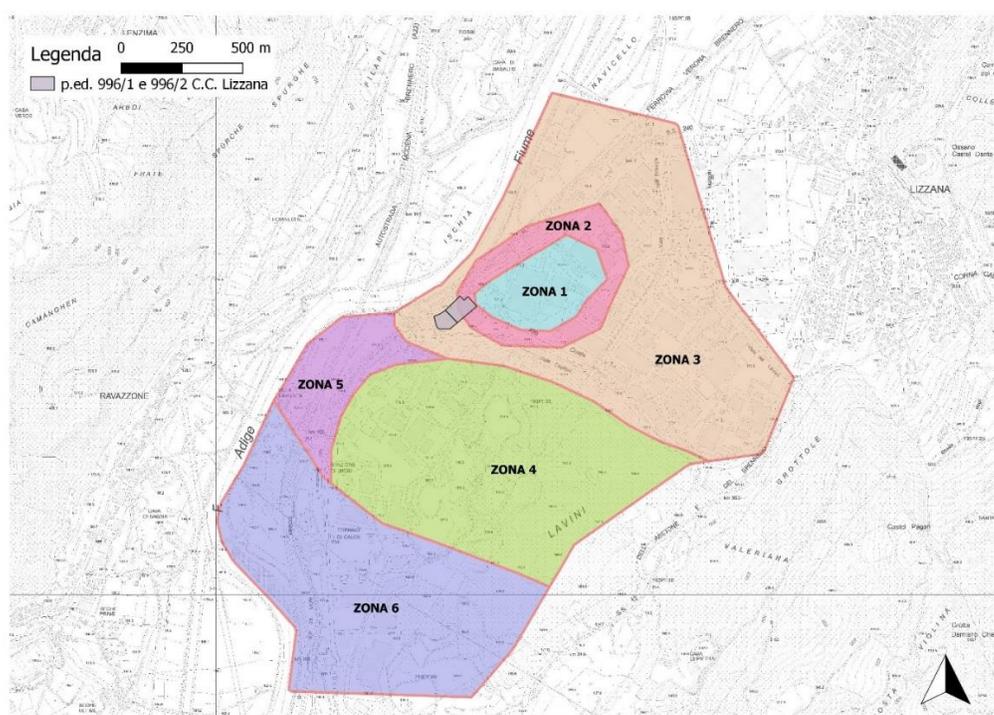


Figura 12. Mappa delle zone a diversa conducibilità idraulica

Implementazione stato attuale

L'implementazione dello stato attuale prevede il flusso indisturbato da parte delle concessioni in essere e nessun pompaggio applicato alla zona della Favorita.

Il risultato di questo scenario è raffigurato in Figura 13 e rappresenta un ingrandimento delle linee isofreatiche attorno alla zona di stretto interesse.

Come si può notare dalla figura, il flusso tende ad essere incanalato verso la zona della Favorita, sebbene lungo la linea di separazione della frana vi siano comunque evidenze di deviazione di parte della portata sotto l'ammasso di detrito. Il dato che emerge da questa simulazione è che la zona della Favorita funge da corridoio preferenziale ma non esclusivo per i deflussi sotterranei.

In Figura sono riportati anche i confronti tra simulazione e dato reale in corrispondenza di 4 piezometri attrezzati internamente al sito di studio. L'errore medio nella riproduzione delle piezometrie è inferiore a 10 cm, con un massimo di poco superiore rilevato poco a valle del sito della Favorita.

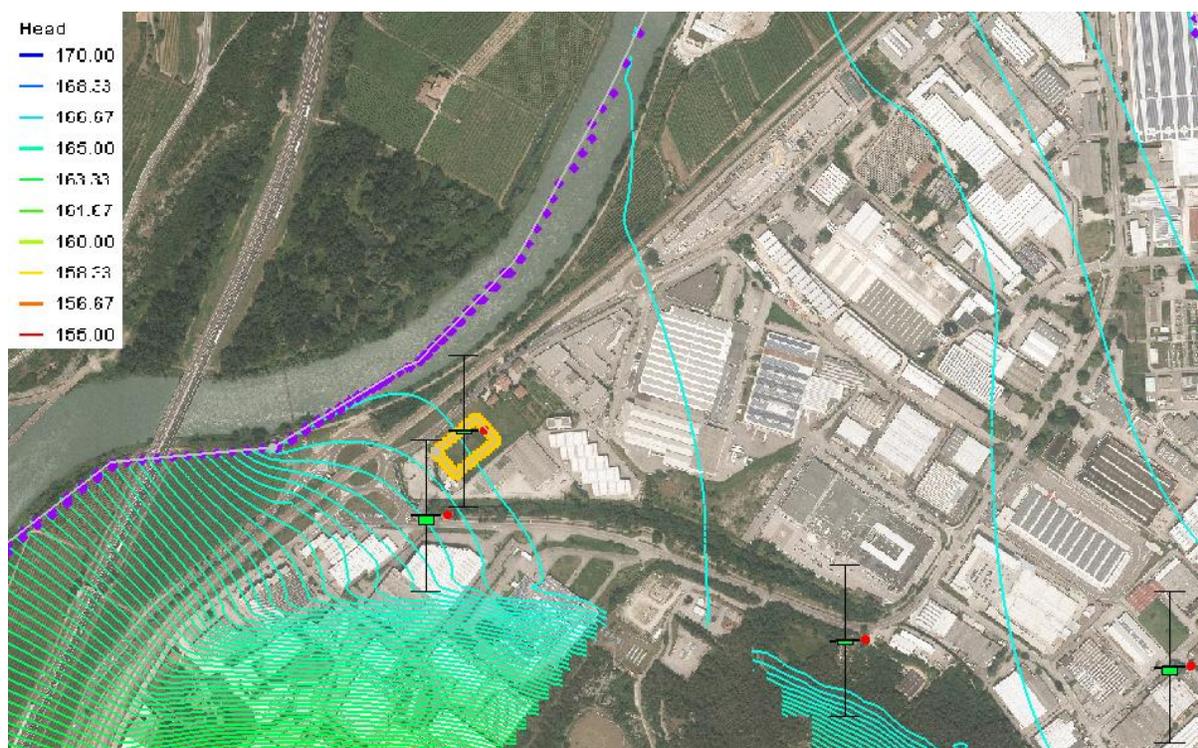


Figura 13. Mappa delle isofreatiche nei dintorni del sito di studio nelle condizioni indisturbate.

I parametri idraulici relativi alla zona 4, riportati in Tabella 2, sono stati di fatto calibrati con l'obiettivo di ricostruire le freatiche misurate nei punti di confronto di Figura 13.

Ipotesi di wellpoint

Ipotizzando l'attivazione di un sistema Wellpoint di dimensioni leggermente superiori alle dimensioni dell'interrato da costruire, si è proceduto alla calibrazione della portata da emungere al fine di ottenere un abbattimento della falda di circa 3.5 m su tutta la superficie di potenziale scavo rispetto al livello monitorato durante le campagne freaticometriche condotte nel mese di Aprile 2019, rappresentative di un livello sostenuto della falda.

Date le permeabilità particolarmente elevate, le portate calibrate risultano particolarmente elevate, nell'ordine dei 400 l/s.

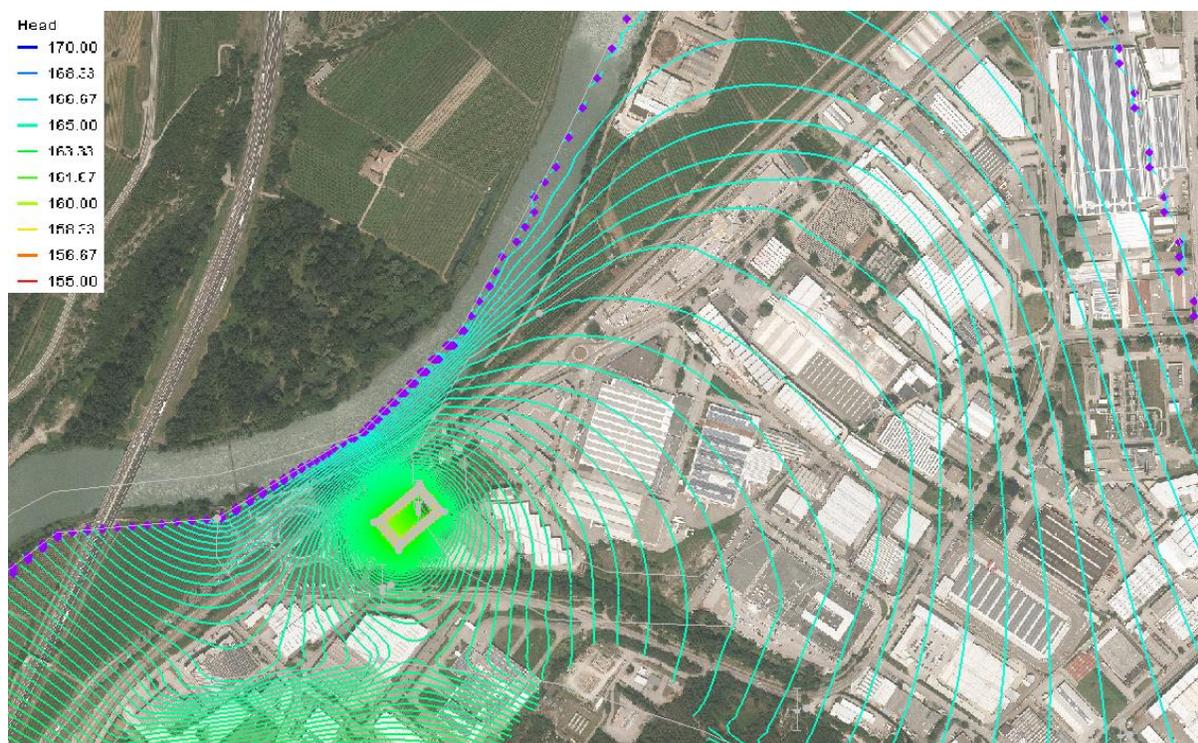


Figura 14. Mappa delle isofreatiche nei dintorni del sito di studio nelle condizioni di cantiere, con wellpoint attivo

Il risultato ottenuto è ovviamente affetto dall'incertezza legata alla non conoscenza della conduttanza del letto fluviale che separa l'alveo dell'Adige dalla falda ed all'incertezza legata alla struttura geologica sottostante l'intero sito di scavo. L'ipotesi fatta nella modellazione lungo il bordo del dominio che separa l'Adige dalla falda è che quest'ultima sia sempre e comunque allo stesso livello del primo. Nella realtà può accadere che mettendo in depressione la falda in corrispondenza della Favorita, la stessa subisca un abbassamento che si propaga fino agli argini dell'Adige, dove la ricarica di quest'ultimo non risulti sufficiente a mantenere la falda al suo stesso livello a causa della bassa conduttanza del letto fluviale. Tuttavia, studi condotti dall'ing. Marta Castagna, nella tratta dell'Adige da Roveré della Luna fino a Trento, hanno evidenziato valori di conduttanza dell'alveo molto elevati, dell'ordine di $100 \text{ m}^2/\text{d}$ (pari a $0.0012 \text{ m}^2/\text{s}$). Tali valori garantiscono di fatto una ricarica pressochè istantanea dell'acquifero da parte dell'Adige.

È opportuno sottolineare che, riducendo idealmente il potenziale richiamo d'acqua dall'Adige, la conseguente riduzione delle portate di emungimento necessarie all'abbattimento della falda nel cantiere, non ridurrebbero in maniera significativa il richiamo di acqua dalla zona industriale ad opera del wellpoint.

Stima dei percorsi di richiamo di eventuali contaminanti

Sulla base dei due risultati illustrati precedentemente, si è proceduto a valutare l'impatto dei flussi di falda sul trascinamento di eventuali contaminanti presenti nell'acquifero.

A titolo esemplificativo si è utilizzato quale ipotetica sorgente di contaminazione il sito della ex Siric, in quanto è il sito più prossimo individuato nel database provinciale dei siti oggetto di bonifica.

Nelle Figure 15 e 16 sono raffigurati i percorsi seguiti dalle particelle durante un tempo pari ad 1 anno, ovvero pari all'ipotesi di mantenimento in funzione del sistema wellpoint in zona Favorita, nel caso di inattività ed attività dello stesso.

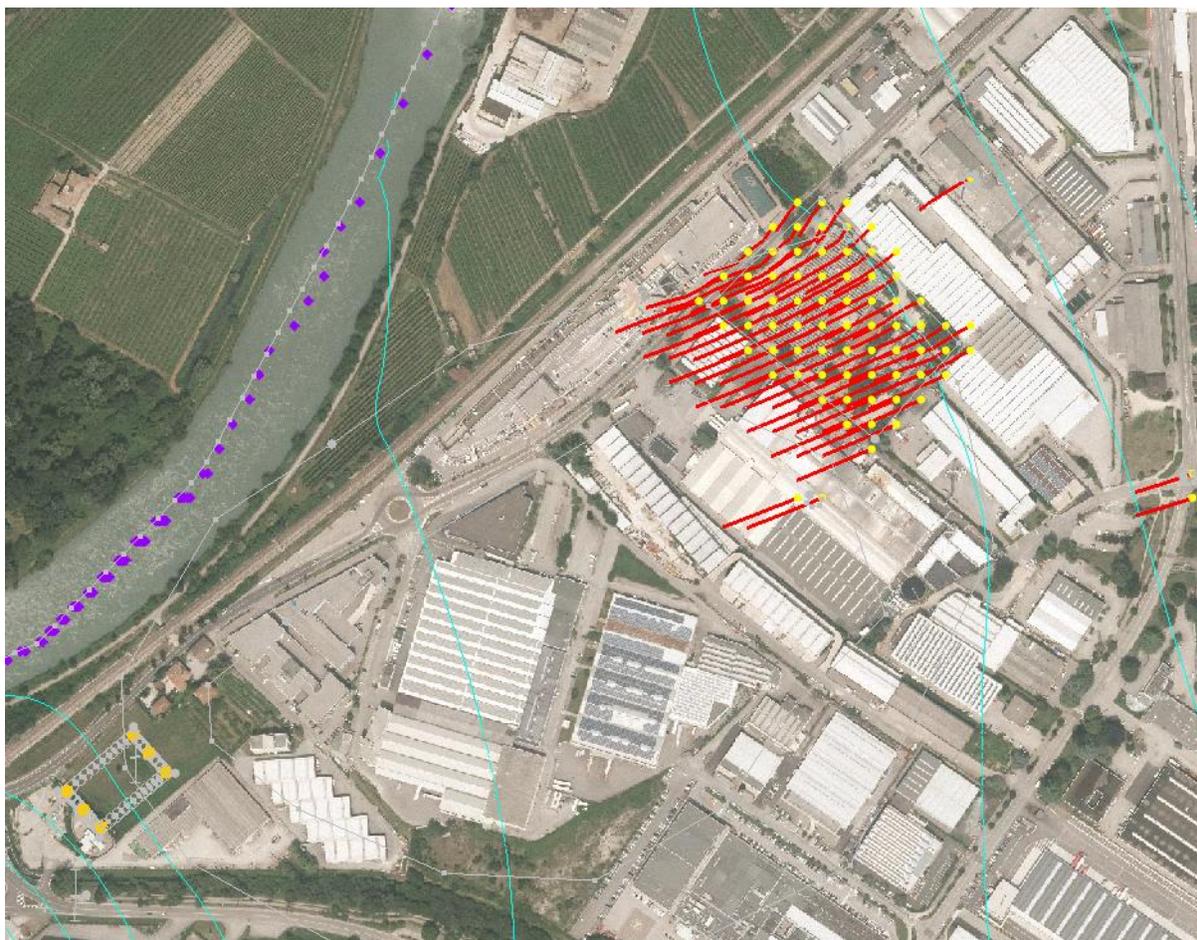


Figura 15. Mappa dei percorsi seguiti dalle particelle in contesto di falda indisturbata per una durata pari al periodo di cantiere (i punti gialli rappresentano ipotetiche fonti primarie di inquinanti, le linee rosse il percorso dopo 1 anno).

Come risulta evidente dalle due figure, la prima differenza che si nota riguarda la direzione del flusso, che con il pompaggio attivo viene leggermente deviata verso sud.

L'impatto maggiore è però rappresentato dalle distanze coperte dall'inquinante durante l'anno di attivazione del wellpoint, che portano le particelle a giungere in prossimità del sito della Favorita. Mentre nello stesso lasso di tempo, in condizioni indisturbate, il movimento teorico delle particelle risulta molto più contenuto, nell'ordine di qualche decina di metri.

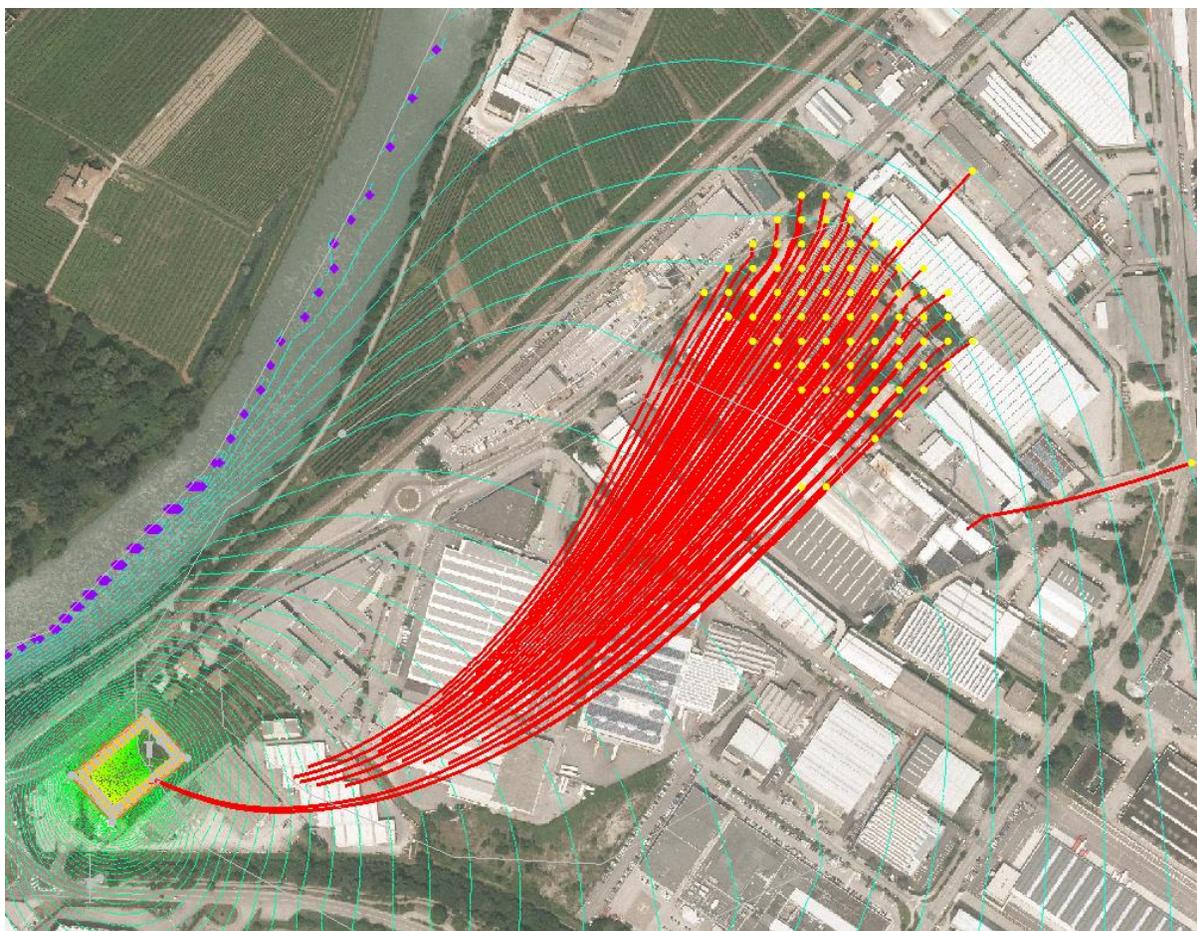


Figura 16. Mappa dei percorsi seguiti dalle particelle in contesto di attivazione del wellpoint, per una durata pari al periodo di cantiere (i punti gialli rappresentano ipotetiche fonti primarie di inquinanti, le linee rosse il percorso dopo 1 anno).

Un ulteriore approfondimento che si ritiene d'interesse riguarda l'area di cattura di potenziali zone contaminate, distribuite a ridosso dell'intero comparto industriale.

Nelle Figure 17 e 18 sono rappresentati i percorsi di migrazione seguiti dalle particelle rispettivamente in contesto indisturbato ed in contesto impattato da wellpoint.

Nel contesto indisturbato parte delle linee mostrano percorsi volti ad attraversare l'acquifero in profondità in corrispondenza della frana. La zona della Favorita funge comunque da punto di richiamo preponderante in quanto rappresenta un corridoio ad alta permeabilità.

Se confrontato con il contesto impattato dal wellpoint il dato che emerge è la formidabile potenza di cattura di quest'ultimo. Di fatto il pompaggio è tale da richiamare anche le particelle idealmente posizionate nelle zone più lontane, che altrimenti avrebbero intrapreso il percorso sotto la frana dei Lavini.

Il significato di questi risultati è piuttosto importante, poiché evidenzia la criticità legata all'attivazione di un sistema così potente in zona Favorita. Richiamando a sé tutte le linee di flusso che dipartono dalla zona industriale, di fatto deviandole dal loro normale percorso, l'attivazione del wellpoint può portare al trascinamento di inquinanti da zone attualmente contaminate (anche non note) verso zone non ancora contaminate.

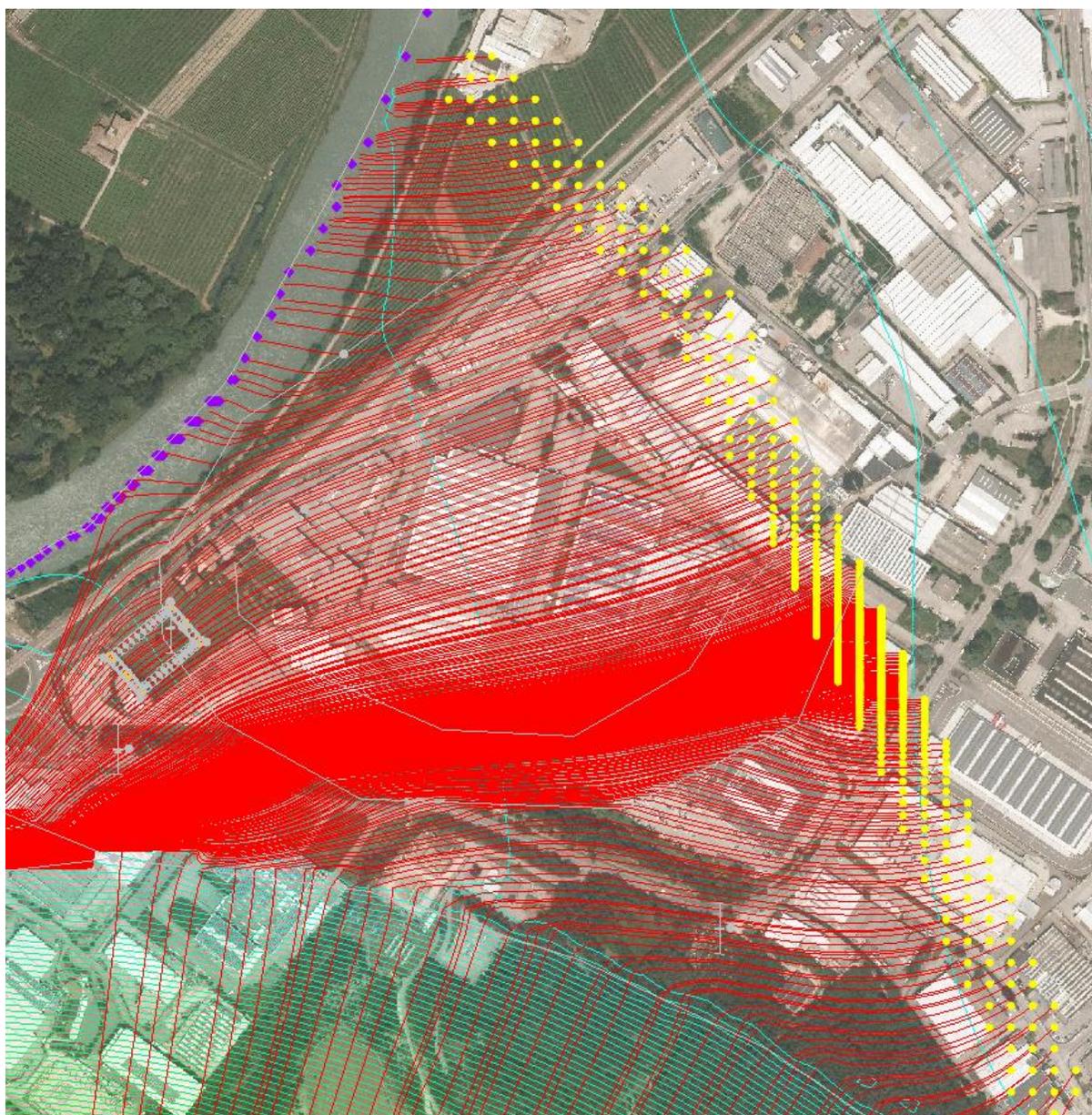


Figura 17. Mappa dei percorsi seguiti dalle particelle in contesto indisturbato, considerando tutto l'arco industriale quale potenziale fonte di contaminazione (i punti gialli rappresentano ipotetiche fonti primarie di inquinanti, le linee rosse il percorso dopo 1 anno).

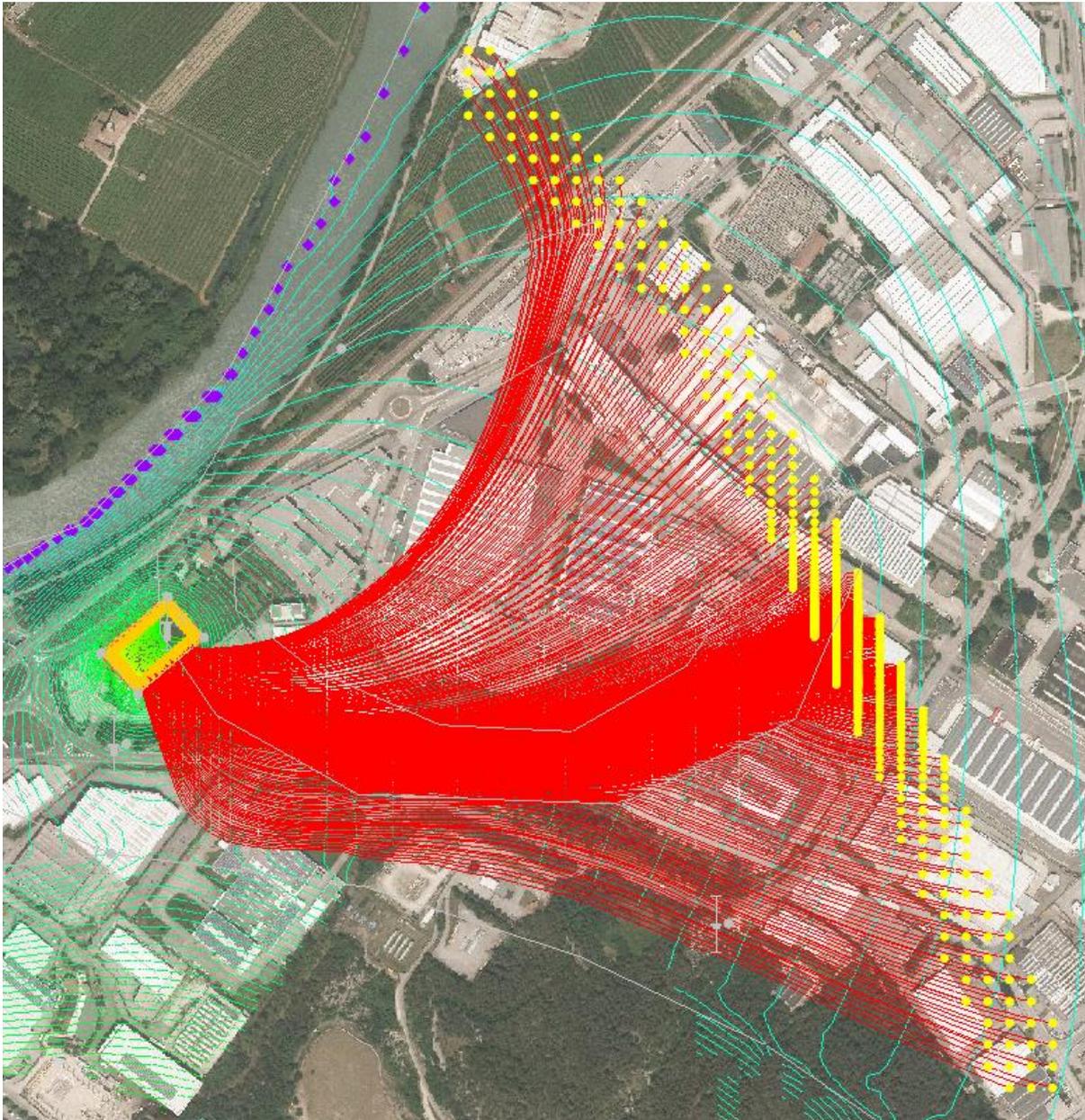


Figura 18. Mappa dei percorsi seguiti dalle particelle in contesto impattato da wellpoint, considerando tutto l'arco industriale quale potenziale fonte di contaminazione (i punti gialli rappresentano ipotetiche fonti primarie di inquinanti, le linee rosse il percorso dopo 1 anno).

1.7 Considerazioni sugli effetti attesi legati alla realizzazione di un volume interrato

Al fine di applicare un algoritmo per la simulazione delle varianti sono stati esaminati differenti aspetti inerenti la falda della zona industriale di Rovereto in prossimità della zona Favorita, dove è in corso l'iniziativa immobiliare sulle particelle p.ed. 996/1 e 996/2 C.C. Lizzana.

L'acquifero freatico, caratterizzato in questa zona da una conducibilità idraulica nell'ordine di 10^{-3} m/s, presenta un generale scorrimento in direzione sud-ovest. Seppure il substrato sia da ritenersi conduttivo, i bassi gradienti idrici tra i differenti piezometri, nell'ordine di 10^{-4} , indicano un deflusso contenuto e limitato dalle condizioni al contorno. Esso risulta condizionato dallo sbarramento sul fiume Adige di Mori. Accade che il rigurgito idraulico del fiume Adige che cinge la falda a sud ovest sia la condizione al contorno verso la principale direzione di scorrimento causando di conseguenza un rallentamento allo scorrimento generale di falda. La relazione tra falda e fiume Adige è visibile nelle oscillazioni di livello a carattere orario visibili nei grafici dei piezometri più a valle coerenti con quelle del fiume. Da un punto di vista morfologico si ritiene che la frana dei Lavini di Marco, possa rappresentare un ostacolo per la falda, assottigliando la sezione utile di transito al di sotto dell'ammasso franoso. Quest'ultimo, da quanto riportato nelle sezioni geologiche ricostruite dagli autori precedentemente citati, compenetra in profondità fino a quote prossime ai 150-155 m s.l.m., ovvero 15-20 m sotto il livello del piano campagna indisturbato che caratterizza la zona industriale. Considerando che l'acquifero più superficiale raggiunge profondità stimate attorno ai 40 m dal P.C., ciò comporta un notevole assottigliamento della sezione utile di flusso. Dalle simulazioni numeriche condotte, seppur con tutte le approssimazioni del caso, al fine di ricostruire le freatimetrie di monitoraggio disponibili in prossimità della zona del rio Coste, pare necessario considerare l'ammasso di frana come un corpo impermeabile o a bassissima permeabilità. Ciò di per sé non annulla il flusso di falda sotto l'ammasso, tuttavia porta ad individuare la zona della Favorita quale punto di sfogo principale dei flussi sotterranei, almeno da un punto di vista volumetrico.

La falda risulta inoltre condizionata dagli emungimenti da pozzo concessi il cui utilizzo è probabile causa del diversificato andamento delle temperature dell'acqua di falda.

In tale contesto sono stati ubicati e caratterizzati i siti coinvolti a vario titolo in attività di bonifica ed il cui pregresso industriale, oltre alle evidenze analitiche recenti, hanno indotto APPA a classificare l'intero acquifero come "area di attenzione per potenziale alterazione qualitativa della falda".

A carattere locale i due piezometri di recente realizzazione all'interno delle particelle di interesse (SM1 ed SM2) hanno evidenziato la presenza di un substrato ghiaioso-sabbioso

che, nei livelli più superficiali, risulta intervallato a strati a matrice più fine (sabbia fine, limi sabbiosi). Le prove geoelettriche hanno confermato una falda poco dinamica e pur nell'incertezza della determinazione sono state individuate due direzioni di scorrimento coerenti con quanto ipotizzato. Durante le prove la soggiacenza della falda era di 2,5 m di profondità, valore che ha fatto seguito ad un periodo piovoso che ha fatto misurare un incremento di circa 20 cm (a partire dal 23 aprile fino al 14 maggio).

L'attuazione del codice di calcolo ha permesso di simulare la situazione attuale e la potenziale alterazione indotta dalla realizzazione di un interrato in località la Favorita. Le isofreatiche ottenute dalla simulazione confermano uno scorrimento generalmente orientato verso sud sud-ovest. La simulazione di un sistema well points permette di affermare che per l'ottenimento di un abbassamento localizzato della falda a -6 m dal piano campagna, si ipotizza un interrato che si approfondisca di 4,5 m, sia necessario un emungimento continuo di una portata dell'ordine dei 400 l/s frapponendo un diaframma plastico che si approfondisce per 10 m nel sottosuolo. L'entità della portata necessaria è molto influenzata dalla vicinanza al fiume Adige, nell'ipotesi di base che quest'ultimo sia inoltre direttamente connesso alla falda nei pressi degli argini e che il materasso di separazione tra i due non funga da collo di bottiglia nell'alimentazione dell'acquifero. In altre parole, che il livello di falda a ridosso dell'argine sia governato unicamente dal livello dell'Adige. Nella realtà è plausibile ritenere che la conduttanza del letto fluviale non sia tale da garantire la perfetta sussistenza di questa ipotesi. In tal caso, per ottenere lo stesso abbassamento sarebbe sufficiente una portata inferiore, che tuttavia non cambierebbe l'impatto sull'attrazione che l'emungimento eserciterebbe nei confronti delle aree della zona industriale. Tuttavia, uno studio recente condotto dall'ing. Marta Castagna, riguardante la falda compresa tra Trento Nord e Roverè della Luna, ha evidenziato valori di conduttanza molto elevati per il letto dell'Adige, confermando di fatto le ipotesi assunte nel presente documento.

La condizione indotta dall'attivazione del wellpoint, che deve protrarsi per tutta la durata dei lavori finché le condizioni del manufatto permettano nuovamente il ristabilirsi delle condizioni precedenti, è causa di un abbassamento localizzato della falda dell'ordine del metro per le abitazioni più prossime all'area e di un effetto attrattivo delle acque che fa sentire i suoi effetti anche verso monte. Il condizionamento dell'acquifero avverrebbe nelle immediate vicinanze in maniera più intensa, attraendo in primis le acque comprese tra il wellpoint e la zona iporreica dell'Adige ma estendendo l'influenza anche in direzione nord-est ("area di attenzione per potenziale alterazione qualitativa della falda").

In conclusione, la condizione transitoria per la realizzazione dell'interrato è in grado di deviare o accelerare processi di trasporto a partire dalle ipotetiche fonti primarie degli inquinanti ma anche di influire su eventuali plume, che purtroppo si presuppone siano

presenti in relazione al tempo trascorso dall'inizio dell'attività industriale dell'area industriale di Rovereto. Pur non conoscendo nel dettaglio l'attività dei pozzi attualmente concessi, di cui è nota la sola portata di concessione, è possibile che la perturbazione indotta dal pompaggio sia in grado di causare migrazioni inattese di sostanze presenti in falda sia verso zone non coinvolte da alterazioni antropiche ma anche verso coni di influenza di pozzi in attività. Si sottolinea inoltre la possibilità di incorrere fin dall'inizio nella presenza di inquinamenti di tipo diffuso in grado di determinare problematiche nello smaltimento delle acque prelevate. In tal senso, l'eventuale dimensionamento del sistema di trattamento per portate anche molto inferiori rispetto alle stime sul wellpoint, porrebbe seri problemi dimensionali, al limite o oltre la fattibilità tecnica.

1.8 Conclusioni

A seguito di un'attività di monitoraggio diretto, il presente studio ha elaborato un modello concettuale della falda le cui dinamiche condizionano l'eventuale realizzazione di un volume interrato in corrispondenza delle particelle p.ed. 996/1 e 996/2 C.C. Lizzana (località La Favorita). L'analisi dei dati e l'applicazione di un algoritmo per la simulazione idrologica permette di effettuare le seguenti considerazioni finali:

- la ridotta profondità della falda e le condizioni di permeabilità dell'acquifero obbligano la realizzazione di un sistema temporaneo per l'abbassamento della falda (la socciacenza alla fine di maggio 2019 è stata misurata pari a 2,5 m);
- l'effetto di tale temporanea alterazione è in grado di ripercuotersi verso la zona industriale di Rovereto causando accelerazioni e deviazioni nelle direzioni di scorrimento dell'acquifero;
- è verosimile quindi attendersi che, eventuali inquinanti di origine antropica presenti nei siti già individuati e con ogni probabilità diffusi al di fuori di essi, possano venire attratti dalla depressione causata dal pompaggio. In tale ipotesi i medesimi potrebbero subire trascinarsi verso zone dell'acquifero inalterate, determinando un aggravio delle condizioni ambientali con le inevitabili ricadute economiche. Analoga considerazione va inoltre estesa a pozzi attualmente in funzione che potrebbero risentire di tali alterazioni.

maggio 2019



REDATTO DA:

Ing. Giorgio Marcazzan



Heliopolis S.p.A.

Società soggetta a direzione e coordinamento da parte di Innoval5 S.r.l.

Sede legale: Galleria Passarella, 1 - 20122 Milano / Sede operativa: via Alto Adige, 160 - 38121 Trento - Italia

Tel. +39 0461 1732700 – Fax +39 0461 1732799 / www.heliopolis.eu - info@heliopolis.eu

Capitale sociale € 2.000.000 i.v. – Cod. fisc., p. Iva e iscr. Registro Imprese di
Milano n. 08345510963 – R.E.A. n. MI – 2019395

