

AUTOSTRADA (A1): MILANO-NAPOLI

AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA
NEL TRATTO INCISA - VALDARNO
LOTTO 1

PROGETTO ESECUTIVO

AU - AUTOSTRADA A1

IDROLOGIA E IDRAULICA
IDROLOGIA SOTTERANEA IN LOCALITA' BRUSCHETO

STUDIO IDROGEOLOGICO

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Paolo De Paoli
Ord. Ingg. Pavia N. 1739

Responsabile Idrologia e Idraulica

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Paola Castiglioni
Ord. Ingg. Varese N. 2725

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza
Ord. Ingg. Pavia N. 1496

Progettazione Infrastrutture

CODICE IDENTIFICATIVO

RIFERIMENTO PROGETTO

RIFERIMENTO DIRETTORIO

RIFERIMENTO ELABORATO

ORDINATORE

Codice Commessa
119941

Lotto, Sub-Prog.
Cod. Appalto
LL01

Fase
PE

Capitolo
AU

Paragrafo
IDR

W B S
IDS00

Parte d'opera
00000

Tip.
R

Disciplina
IDR

Progressivo
7101

Rev.
-1

-
SCALA
-

TecIne
Gruppo Autostrade per l'Italia

PROJECT MANAGER:

Ing. Paola Castiglioni
Ord. Ingg. Varese N. 2725

REDATTO:

SUPPORTO SPECIALISTICO:

VERIFICATO:

REVISIONE

n.	data
0	FEBBRAIO 2020
1	GENNAIO 2021

VISTO DEL COMMITTENTE

autostrade // per l'italia

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. Furio Cruciani

VISTO DEL CONCEDENTE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

INDICE

1. PREMESSA	1
2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE	1
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE E GEOLOGICO STRUTTURALE	1
4. ATTIVITÀ DI AGGIORNAMENTO DEL CENSIMENTO, MISURE E RILIEVI IDROGEOLOGICI IN SITO	3
4.1 Aggiornamento e integrazione del censimento dei punti d'acqua nel settore interessato dalle opere autostradali	4
4.2 Misure idrogeologiche sul reticolo idrografico superficiale	7
4.3 Galleria Bruschetto esistente: analisi dei dati "as built" e rilievi in sito	11
5. MONITORAGGIO IDROMETRICO IN CORRISPONDENZA DEI PIEZOMETRI IN ASSE TRACCIATO	15
5.1 Analisi dei dati piezometrici disponibili	15
5.2 Descrizione del profilo idrogeologico	20
6. VALUTAZIONE QUALITATIVA DELLE INTERFERENZE ATTESE FRA OPERE DI PROGETTO ED ACQUE SOTTERRANEE	21
6.1 Valutazione delle interferenze prodotte da gallerie in contesti geologici e strutturali simili	21
6.2 Valutazione con il metodo empirico di Heuer (2005)	24
7. INDAGINI IDROGEOCHIMICHE	27
7.1 Parametri analitici e metodiche	27
7.2 Analisi dei risultati	28
8. ASSISTENZA TECNICA DURANTE L'ESECUZIONE DI PROVE IDRAULICHE ED ELABORAZIONE DEI DATI	31
8.1 Prova di emungimento a gradini	32
8.2 Prova di emungimento di lunga durata (72 ore)	37
9. MODELLO NUMERICO DI IDROLOGIA SOTTERRANEA	44
9.1 Modello di calcolo utilizzato	44
9.2 Area di modello e griglia di calcolo	44
9.3 Piezometrie di riferimento (condizioni iniziali e di calibrazione)	46
9.4 Condizioni al contorno	47
9.5 Campo di conducibilità idraulica	48
9.6 Calibrazione del modello	48
9.7 Simulazione della condizione di progetto	52

10. ANALISI DEGLI IMPATTI SULLA RISORSA IDRICA SOTTERRANEA E SUPERFICIALE	54
10.1 Metodologia utilizzata	54
10.2 Quadro di sintesi degli impatti	55

ALLEGATO 1 - Documentazione delle captazioni indagate

ALLEGATO 2 - Andamenti grafici delle misurazioni piezometriche

ALLEGATO 3 - Certificati di misura

1. PREMESSA

Il presente studio è stato redatto a supporto della Progettazione Esecutiva della Galleria Bruschetto sul tratto Incisa Valdarno della A 1 Milano – Napoli.

La galleria in oggetto ricade nel Comune di Reggello. Lo studio ha interessato un'area circa coincidente con il bacino di probabile alimentazione del tratto sotteso dalla galleria in progetto.

Il presente documento riguarda le attività di indagine a carattere prettamente idrogeologico. Il progetto degli interventi di ripristino delle risorse potenzialmente interferenti con lo scavo della galleria viene, invece, riportato in specifici elaborati predisposti a parte.

2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE

Lo studio si è sviluppato attraverso attività concatenate e conseguenti sviluppando gli specifici punti di seguito richiamati:

- 1 - censimento dei punti d'acqua e dei corsi d'acqua potenzialmente interferenti con il tracciato della galleria;
- 2 - Assistenza alla predisposizione ed esecuzione della prova di pompaggio e successiva interpretazione dei risultati.
- 3 - Studio dei complessi idrogeologici ed interpretazione delle letture piezometriche con successiva elaborazione allo scopo di definire, se e dove sensato, una superficie piezometrica di riferimento, con elaborazione di planimetrie e profili in scala 1:5.000 e 1:5.000/500.
- 4 - Costruzione di un modello numerico e/o concettuale di idrologia sotterranea per le seguenti 3 fasi:
 - ante operam: ricostruzione della circolazione idrica nell'ammasso indisturbato;
 - fase di scavo: stima delle portate drenate in galleria, sia all'attivazione delle venute che a regime; definizione dell'area di influenza del drenaggio con restituzione delle aree di influenza su planimetrie di adeguata scala e mediante apposito simbolismo;
 - post operam: stima del drenaggio a lungo termine con galleria in esercizio; definizione dell'area di influenza del drenaggio con restituzione delle aree di influenza su planimetria adeguata scala e attraverso apposito simbolismo.
- 5 - Analisi degli impatti sia sulla risorsa idrica sotterranea che su quella superficiale (reticolo idrografico):
 - in fase di cantiere con restituzione delle aree impattate e del relativo livello di impatto su planimetria di adeguata scala con simbologia di immediata comprensione;
 - a lungo termine con restituzione delle aree impattate e del relativo livello di impatto su planimetria di adeguata scala con simbologia di immediata comprensione.
- 6 - Progetto Esecutivo delle risorse idriche alternative:
 - in fase di cantiere (cisterne provvisorie, allacciamenti a reti esistenti, ...) rappresentando le opere in progetto su opportuni elaborati comprendenti planimetrie, profili, sezioni e particolari i tutti gli interventi;
 - a lungo termine (allacciamenti definitivi e nuove reti, nuovi pozzi, ...) rappresentando le opere finali su opportuni elaborati comprendenti planimetrie, profili, sezioni e particolari di tutti gli interventi.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE E GEOLOGICO STRUTTURALE

Per l'inquadramento geologico di dettaglio si rimanda alla specifica relazione di progetto. Di seguito si riporta una sintesi di inquadramento relativa alle strutture ed ai litotipi che interessano l'area.

L'assetto tettonico della zona riflette il classico quadro caratterizzante la tettonogenesi appenninica. Infatti, sono presenti sovrascorrimenti paralleli alla dorsale appenninica e faglie normali ad andamento prevalentemente antiappenninico.

Le principali strutture sono le seguenti:

- Un sistema tettonico costituito dal sovrascorrimento delle formazioni appartenenti alle Unità Tosco - Emiliane (Liguridi) su quelle della successione Toscana. La presenza di affioramenti di formazioni appartenenti alle Unità Tosco-Emiliane, che si possono trovare sia in sovrapposizione tettonica sulla Falda Toscana che intercalati in essa come olistostromi, e la loro natura essenzialmente argillitica che li ha portati ad avere un assetto prevalentemente caotico, rende difficoltosa una corretta interpretazione tettonico strutturale dell'allineamento che caratterizza tale sovrapposizione. Essa, comunque sembra avere un andamento NNW-SSE e un'inclinazione a basso angolo. A tale sistema sono associate pieghe rilevate sia nelle Arenarie del Falterona sia nelle formazioni Tosco-Emiliane (Liguri).
- Un sistema costituito da faglie dirette ad andamento appenninico, orientate circa NNO-SSE, con piani di faglia sub-verticali.
- Un sistema costituito da faglie dirette ad andamento antiappenninico, orientate circa NNE-SSW e NE-SW, con piani di faglia sub-verticali, sulle quali si interrompono tutte le altre strutture.

Le formazioni affioranti nella zona d'interesse sono raggruppabili, dal basso verso l'alto, nelle seguenti Unità tettonico stratigrafiche:

- Unità di Monte Morello;
- Subsintema di Montevarchi;
- Complesso neogenico-quadernario.

L'Unità di Monte Morello, appartenente ai Complessi Tosco-Emiliani (Liguridi); è sovrapposta tettonicamente all'Unità Cervarola-Falterona ed è costituita da una formazione prevalentemente argillitico calcarea (Formazione di Sillano - SIL), da una di tipo prevalentemente arenaceo (Pietraforte) e da una calcarea e calcareo-marnosa (Formazione di Monte Morello s.s. - MML). Su entrambe le unità sopra citate, dopo alla loro messa in posto, si sono depositi in discordanza i depositi pliocenico-quadernari dei bacini di Firenze-Prato- Pistoia e del Valdarno superiore.

Il Subsintema di Montevarchi, facente parte del Sintema del Valdarno Superiore che rappresenta uno dei più estesi bacini intermontani dell'Appennino settentrionale è riempito da più di 500 metri di depositi fluvio - lacustri di età compresa tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene medio. La successione di riempimento del bacino è stata suddivisa in tre unità stratigrafiche principali separate da discontinuità cui è stato attribuito il rango di subsintema nel Foglio 276 "Figline Valdarno", cui si fa riferimento per la nomenclatura.

Di seguito si elencano i tre subsintemi, partendo dal più antico:

- il Subsintema di Castelnuovo (SVS1) (non affiorante nell'area interessata dal tracciato della nuova galleria);
- il Subsintema di Montevarchi (SVS2);
- il Subsintema di Monticello Ciuffenna (SVS4) (non affiorante nell'area interessata dal tracciato della nuova galleria).

Appartengono al Complesso Neogenico quaternario, i depositi e le coperture quaternarie continentali. Nel tratto della galleria si incontrano i depositi alluvionali che sono stati siglati con numerazione progressiva dal più giovane al più vecchio. In particolare, si ritrovano i depositi alluvionali in evoluzione costituiti da ghiaie e sabbie, da subordinati limi argillosi; sono presenti sia in alveo, sia sulle sponde, nel qual caso sono frequentemente coperti da vegetazione arbustiva.

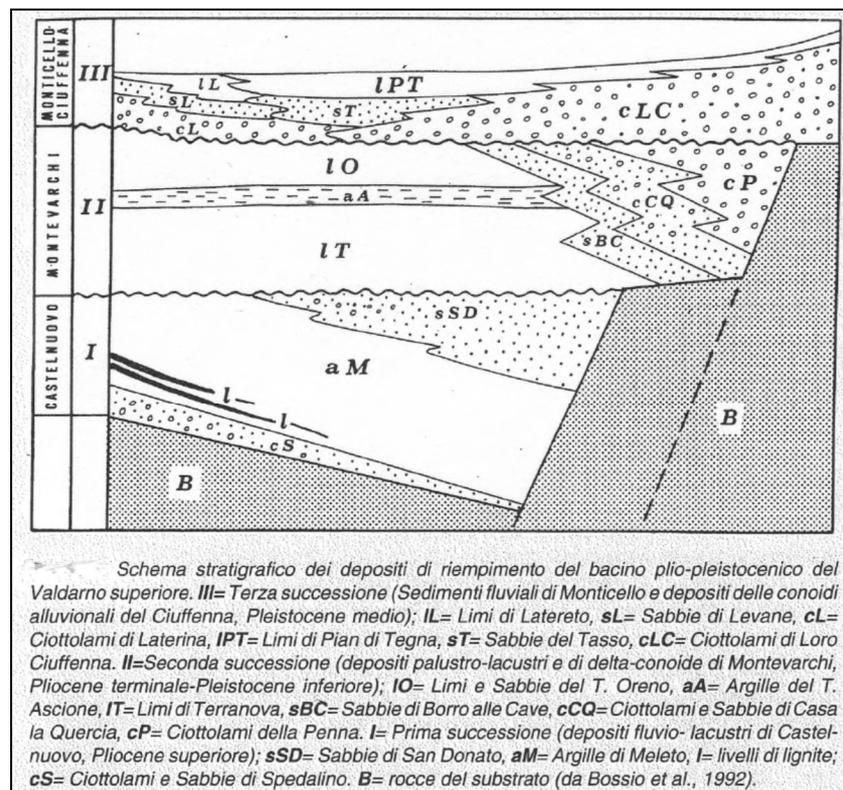


Figura 1 - Schema stratigrafico dei depositi di riempimento del bacino del Valdarno Superiore.

Il tracciato della galleria interesserà la Formazione di Monte Morello con giaciture ad immersione statisticamente orientata in direzione Sud Est. Nel tratto centrale della galleria si rilevano fino a profondità massime di 20 dal piano campagna depositi fluvio - lacustri caratterizzati da limi sabbiosi denominati "limi del torrente Oreno".

4. ATTIVITÀ DI AGGIORNAMENTO DEL CENSIMENTO, MISURE E RILIEVI IDROGEOLOGICI IN SITO

Sono state eseguite attività di verifica, aggiornamento ed integrazione del censimento dei punti d'acqua a partire dalla documentazione del Progetto Definitivo. Le verifiche sono state eseguite sia controllando le informazioni sui siti istituzionali (catasto pozzi e derivazioni della Città Metropolitana di Firenze), che direttamente in sito contattando direttamente, quando è stato possibile, i proprietari.

Contestualmente alle attività di ricerca e verifica delle captazioni presenti sono state svolte misure idrogeologiche di caratterizzazione degli acquiferi e dei corpi idrici superficiali con l'obiettivo di acquisire una serie di dati sperimentali indispensabili alla definizione del quadro conoscitivo idrogeologico dell'area di indagine.

4.1 Aggiornamento e integrazione del censimento dei punti d'acqua nel settore interessato dalle opere autostradali

Le attività di verifica ed integrazione del censimento esistente dei punti d'acqua sono state eseguite tra luglio e settembre 2018 ed hanno interessato l'area del bacino di probabile alimentazione del tratto sotteso dalla galleria oltre a zone immediatamente limitrofe. Tale area risulta delimitata a Ovest dal fiume Arno, a Nord – Nord Est dall'incisione del borro del Castellano, a Sud e Sud - Est dal fosso di Cetina (Figura 2).

Nella Figura 2 è anche riportata l'ubicazione dei punti d'acqua censiti, oltre al tracciato della galleria Bruschetto esistente e di quella in progetto. La codifica dei punti d'acqua coincide con il numero captazione che viene ufficialmente indicato nelle cartografie del catasto pozzi e derivazioni della Città Metropolitana di Firenze.

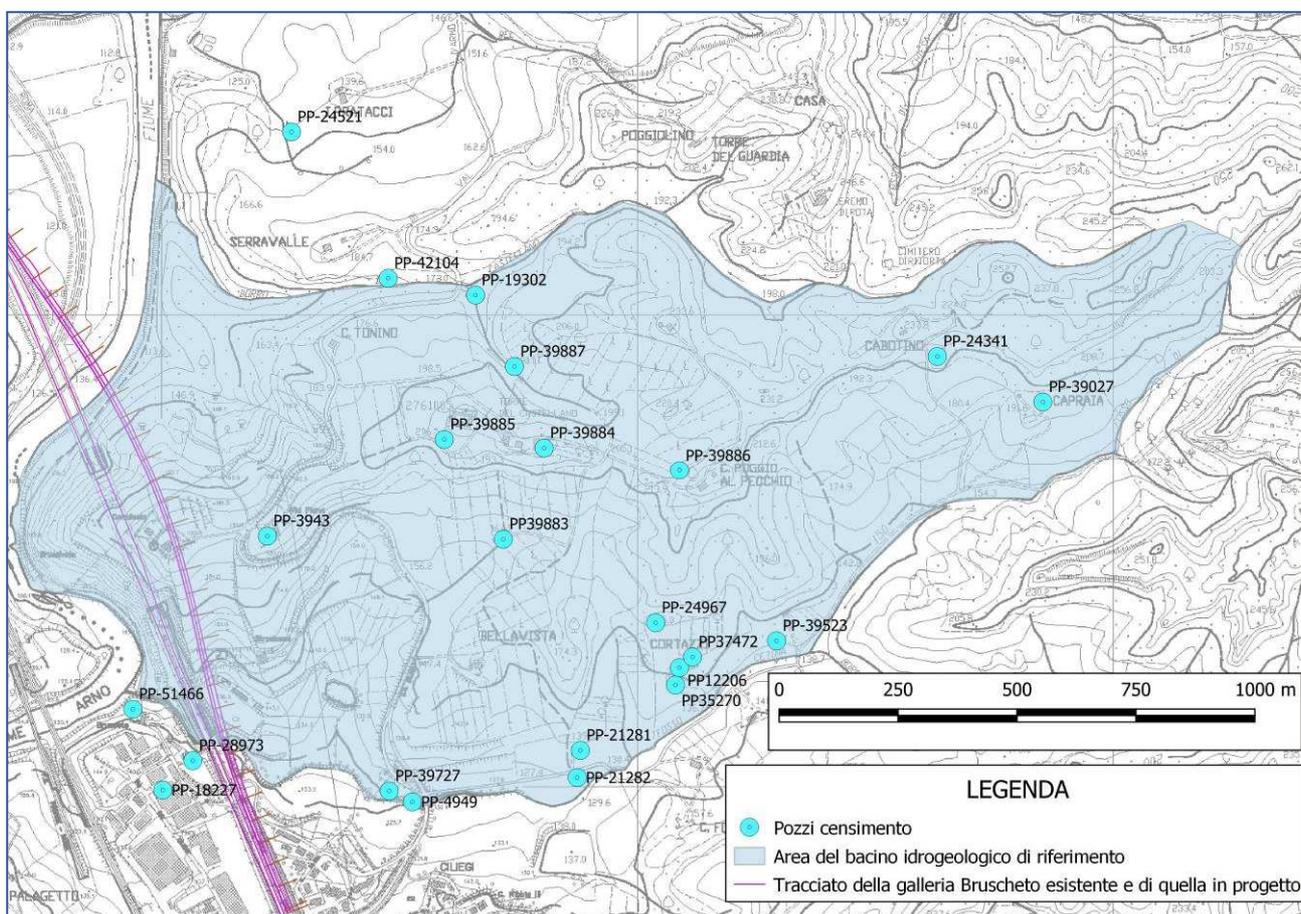


Figura 2 – Ubicazione dei pozzi censiti ed estensione del bacino idrogeologico.

In allegato 1 è stata raccolta tutta la documentazione dei pozzi indagati; in particolare, oltre alla scheda censimento (quando disponibile), vengono riportate le informazioni derivanti dalle pratiche di denuncia, concessione ed autorizzazione, estratte dal catasto dei pozzi e delle derivazioni della Città Metropolitana di Firenze.

Nella Tabella 1 vengono riepilogate, per ciascuna captazione, le informazioni ricavate dall'analisi dei dati derivanti dai censimenti pregressi e dall'attuale integrazione di informazioni. Particolare attenzione è stata rivolta alla comprensione delle modalità di utilizzo delle captazioni al fine di individuare quelle effettivamente rilevanti, oltre che per la loro significatività idrogeologica, anche per la rilevanza socio economica. Sotto questo punto di vista le captazioni PP-3943, PP39887 e PP-39883 sono quelle più vicine al tracciato, più importanti per l'approvvigionamento idrico locale e maggiormente soggette a interferenza con lo scavo della galleria. Per questo motivo sono state oggetto di studio per individuare possibili soluzioni di approvvigionamento alternativo. Il rilievo topografico eseguito nell'ambito di tali valutazioni ha permesso di riportare nella Tabella 1 la quota precisa del piano campagna di tali captazioni.

Codice	Coordinate GB EPSG 3003; Monte Mario zona 1		Denominazione località	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m)	Diametro (m)	Utilizzo	Portata richiesta in concessione (l/s)	Note	Soggiacenza (m)
	X	Y								
PP-12206	1699088	4838253	Cortazzi	150	7	1.3	domestico potabile		denuncia	
PP-18227	1698001	4837994	Fosso di Cetina	133			Industriale antincendio	2	Concessione denuncia	
PP-19302	1698659	4839044	borro del Castellano	177	17	0.3	Domestico irriguo, orti e giardini		denuncia	4.6 (giu 2011)
PP-21281	1698879	4838078	Fosso di Cetina	136	6	1.2	Domestico irriguo, orti e giardini		denuncia	1.2 (mag 2011)
PP-21282	1698873	4838021	Fosso di Cetina	131	5	0.5	Domestico irriguo, orti e giardini		denuncia	
PP-24521	1698272	4839390	I Pratacci	139	10		inattivo, pozzo crollato		denuncia	1.2 (giu 2011)
PP-24967	1699038	4838348	Cortazzi	160	45	0.2	irriguo agricolo		denuncia	
PP-28973	1698064	4838056	Fosso di Cetina	130			Industriale	0.33	Concessione denuncia	
PP-35270	1699079	4838216	Cortazzi	149	12		Domestico irriguo, orti e giardini		autorizzazione	1.3 (giu 2011)
PP-37472	1699115	4838275	Cortazzi	152			Domestico irriguo, orti e giardini		autorizzazione	
PP-39523	1699292	4838310	Cortazzi	142			Domestico irriguo, orti e giardini		autorizzazione	
PP-3943	1698221	4838531	Via Piana	194.96	86	0.2	Potabile, domestico, irriguo, orti e giardini		autorizzazione	
PP-39727	1698477	4837992	Fosso di Cetina	128	4.5	1.5	nd		nd	0.5 (mag2011)
PP-39883	1698717	4838524	Torre del Castellano	164.11			irriguo agricolo (antiparassitario); molto importante per l'utilizzo agricolo	1.5	Concessione denuncia	
PP-39884	1698803	4838719	Torre del Castellano	222	12	1.5	inattivo, (antiparassitario)		denuncia	
PP-39885	1698593	4838738	Torre del Castellano	210			inattivo, (antiparassitario)		denuncia	
PP-39886	1699088	4838671	Torre del Castellano	205			inattivo, (antiparassitario)		denuncia; risultato non esistente sul territorio	
PP-39887	1698741	4838892	Torre del Castellano	190.58	12	1.5	inattivo, (antiparassitario), irriguo agricolo; importante in quanto utilizzato per riempire la piscina	1.5	Concessione denuncia	
PP-42104	1698475	4839080	borro del Castellano	170			Domestico irriguo, orti e giardini	0.2	denuncia	
PP-4949	1698526	4837969	Fosso di Cetina	128	4.5	1.5	Domestico irriguo, orti e giardini		denuncia	
PP-51466	1697938	4838165	Fosso di Cetina	115	10.5	1.5	nd		nd	
PP-39027	1698852	4838817	Capraia	192			nd		autorizzazione	
PP-24341	1699630	4838914	Cabotino	205			industriale	1.0	Concessione denuncia	

Tabella 1 – Riepilogo dei dati derivanti dalle attività di revisione/integrazione del censimento.

Di seguito vengono sinteticamente descritte le captazioni individuate. Nelle immediate vicinanze della galleria, in località via Piana, la captazione più importante risulta il pozzo profondo PP-3943 che provvede all'alimentazione di alcune abitazioni per un totale di 5 - 6 residenti. La captazione viene sfruttata sia per il fabbisogno domestico che per quello irriguo e per riempire la piscina. L'utenza è allacciata all'acquedotto pubblico, tuttavia viene preferito l'utilizzo del pozzo anche per gli scopi idropotabili. Il pompaggio avviene in relazione alle esigenze momentanee delle utenze; non è presente un serbatoio di accumulo.

Un altro importante sistema di captazioni idriche è al servizio della località Torre del Castellano, costituita da un edificio storico di età medioevale, attualmente utilizzato per eventi (matrimoni, set cinematografici, congressi ecc..) e un gruppo di case limitrofe adibite a ricezione turistica. Il complesso è allacciato all'acquedotto pubblico che soddisfa tutte le esigenze idropotabili e domestiche. Parte della struttura è però adibita ad agriturismo che per le esigenze agricole sfrutta il pozzo PP-39883. L'utilizzo di questa captazione avviene per mezzo di ripetuti pompaggi che riempiono cisterne che vengono quindi trasportate nelle aree di utilizzo. Non sono note le quantità emunte, ma l'utilizzo in periodo irriguo è comunque importante. Nell'ambito delle idroesigenze della struttura ricettiva di Torre del Castellano anche il pozzo PP-38887 riveste una certa importanza per garantire l'approvvigionamento della piscina. Nella stessa area sono presenti altri tre pozzi (PP-39884, PP-39885 e PP39886) che tuttavia sono stati dismessi in quanto inesistenti (PP-39886) oppure inutilizzabili come risulta anche dalla documentazione del catasto pozzi e a seguito delle verifiche effettuate direttamente con la proprietà.

Nella parte più a Nord dell'area di indagine due captazioni, PP-19302 e PP-42104, sono ubicate lungo il fondovalle del borro del Castellano e vengono utilizzate a scopo irriguo. PP-42104 non è mai risultato accessibile per cui non si conosce la profondità. Ancora più a Nord in località Pratacci si trova il pozzo PP-24521 che tuttavia non è più utilizzato in quanto ostruito per crollo di parte della captazione.

Sul versante più a Sud una captazione mediamente profonda (PP-24967) presso località Cortazzi viene utilizzata con continuità a scopo agricolo; lungo il limite a Sud dell'area di indagine, tra le località di Cortazzi e Bellavista, esiste una serie di pozzi a largo diametro (1 – 1.5 m) e poco profondi (solitamente inferiori a 10 m) che si alimentano in corrispondenza dell'incisione del borro di Cetina. Si tratta di captazioni ad uso domestico ed irriguo a servizio di singole abitazioni.

Più a Est presso le località Capraia e Cabotino, a distanza elevata dalla galleria in progetto (> 1.6 km) quindi non interessate da problematiche di interferenza, sono presenti altre due captazioni, una ad uso industriale (PP24341) ed una sfruttata in ambito domestico (PP-39027).

I pozzi PP51466, PP28973 e PP-18227 sono ubicati in sinistra al fosso di Cetina e occupano un'area con insediamenti produttivi; l'utilizzo è infatti industriale oppure antincendio.

I pozzi censiti si trovano tutti in proprietà private dove non è sempre possibile accedere e non sempre la captazione stessa è misurabile per la presenza di chiusini, flange, pompe e dispositivi vari. Tra giugno 2018 e aprile 2019 tuttavia, dove è stato possibile, sono stati raccolti dati di misura del livello e di alcuni parametri chimico fisici. Nella [Tabella 2](#) viene riportato un riepilogo delle misurazioni eseguite.

Codice	profondità da p.c. (m)	diametro (m)	Data	livello statico da p.c. (m)	temp. (°C)	pH (unità pH)	Cond el (uS/cm)	NOTE
PP-51466	10.5	1.5	07/06/2018	4.7				livello statico - pozzo non utilizzato
			22/06/2018	4.7				livello statico - pozzo non utilizzato
			14/02/2019	4.65				livello statico - pozzo non utilizzato
			18/04/2019	4.63				livello statico - pozzo non utilizzato
PP-39727	4.5	1.5	07/06/2018	0				livello statico a pc - alimenta il Botro di Cetina
			22/06/2018	0.45				livello statico
			14/02/2019	0				livello statico a pc - alimenta il Botro di Cetina
			18/04/2019	0	14.1	965	livello statico a pc - alimenta il Botro di Cetina	
PP-19302	nd	0.3	07/06/2018	3.6				livello statico
			20/06/2018	3.6				livello statico
			22/06/2018	3.64				livello statico
			14/02/2019	3.22				livello statico
			18/04/2019	3.38	12.1	1042	livello statico	
PP-21282	5	0.5	07/06/2018	1				livello dinamico
			14/02/2019	0.8				livello statico
			18/04/2019	0.97	13.5	1011	livello statico	
PP12206	7	1.3	07/06/2018	3				livello dinamico
			22/06/2018	3.04				livello dinamico
			14/02/2019	3.1				livello statico
			18/04/2019	3				livello statico
PP-3943	86	0.2	07/06/2018	36.98				livello dinamico
			20/06/2018	44.8				livello dinamico
			22/06/2018	40.57				livello dinamico
			14/02/2019	42.82				livello dinamico
			18/04/2019	45.71	14.6	924	livello dinamico	
PP-24967	45	0.2	07/06/2018	20.6	21.6	7.45	838	livello dinamico
			22/06/2018	21	22.2	7.5	827	livello dinamico
			14/02/2019	20.1				livello dinamico
			18/04/2019	20.83	18.4	811	livello dinamico	
PP-39887			22/06/2018	1.6				livello statico
			18/04/2019	1.47			1208	livello statico

Tabella 2 – Riepilogo dei dati di misura rilevati su pozzi privati nel periodo compreso tra giugno 2018 e aprile 2019.

Le misurazioni hanno riguardato una serie di pozzi a largo diametro sull'asse del fosso di Cetina (PP-39727, PP-21282 e PP-12206) e su quello del Castellano (PP-19302) che hanno evidenziato livelli di falda prossimi alla superficie e verosimilmente collegati a circolazione corticale.

I pozzi più profondi (PP3943 e PP-24967) sono risultati sempre in uso, i livelli non sono quindi rappresentativi di condizioni statiche e fornisco solo un'indicazione di massima della piezometria. Il pozzo PP-39887 è parte del sistema di approvvigionamento della tenuta Torre del Castellano; la profondità della captazione non è nota ma i livelli prossimi al piano campagna lasciano intendere un'origine più superficiale.

I valori rilevati della conducibilità elettrica risultano piuttosto omogenei essendo compresi tra 811 e 1042; solamente PP-39887 presenta valori maggiori.

4.2 Misure idrogeologiche sul reticolo idrografico superficiale

Nel corso delle attività di rilievo idrogeologico è stata prestata anche attenzione alle caratteristiche dei corsi d'acqua. Nella Figura 3 viene riportata una sintesi grafica degli accertamenti eseguiti il 22/06/2018. La maggior parte delle incisioni che caratterizzano l'area del bacino idrogeologico di pertinenza della galleria sono risultate completamente asciutte; si tratta, infatti, di corsi d'acqua non perenni e con caratteristiche che evidenziano la presenza di deflussi unicamente a seguito di eventi pluviometrici di una certa importanza. Le immagini della Figura 4 evidenziano la presenza di vegetazione piuttosto folta nelle incisioni e l'assenza di evidenze di deflussi prolungati nel tempo; gli alvei risultano parzialmente interrati e colonizzati dalla stessa vegetazione. Nel corso dei rilievi eseguiti tra giugno e settembre 2018 e a febbraio ed aprile 2019 non sono stati osservati deflussi.

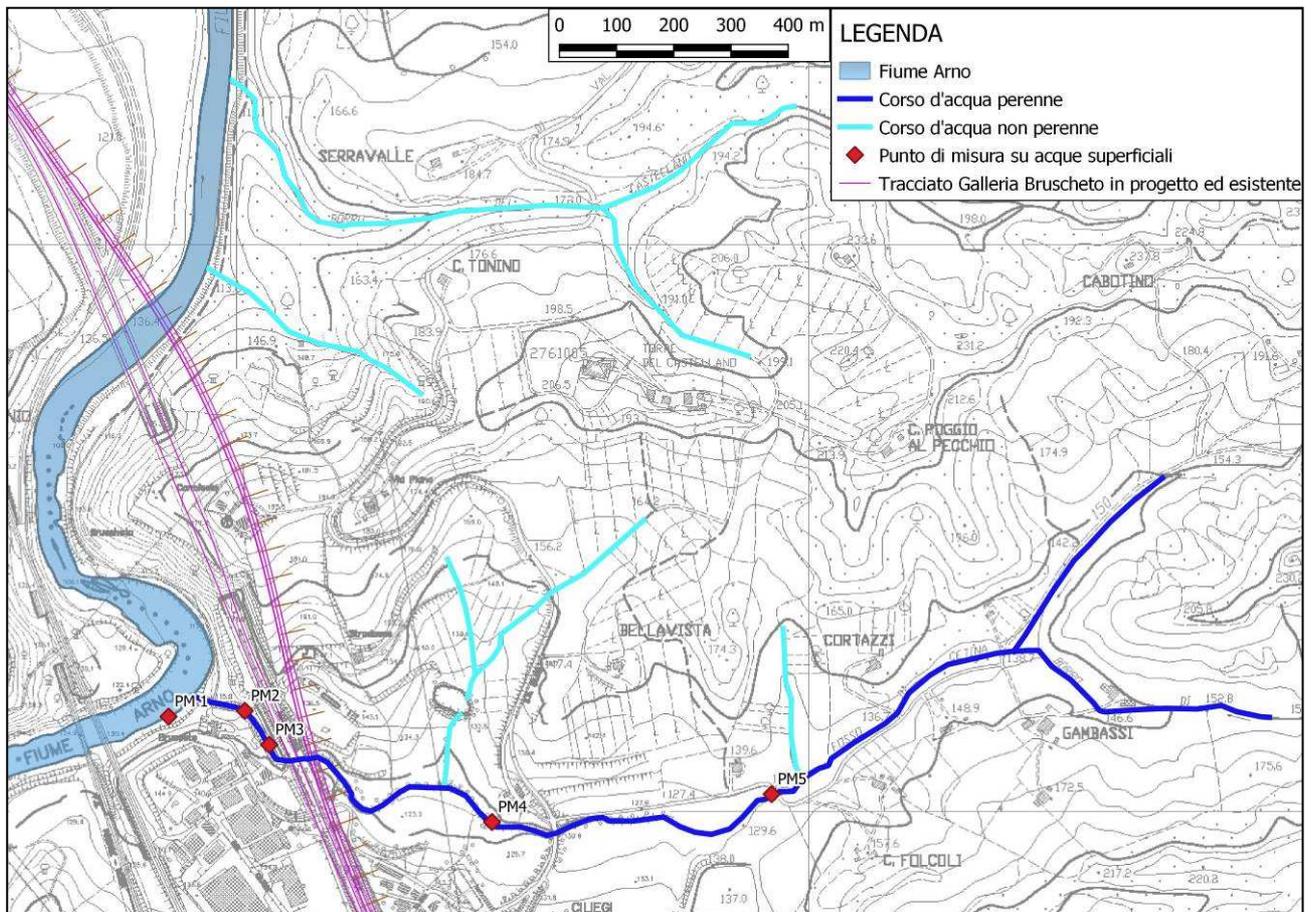


Figura 3 – Idrografia principale dell’area di indagine, con indicazione delle caratteristiche dei corsi d’acqua e punti di misura.



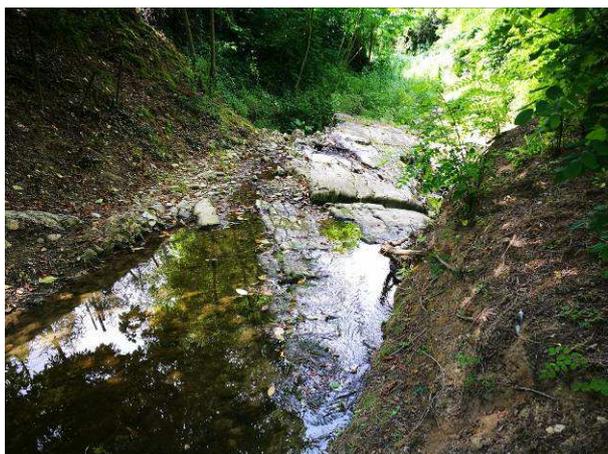
Figura 4 – Incisioni minori in destra al fosso di Cetina risultate completamente asciutte nel periodo giugno settembre 2018.

Il fosso di Cetina, invece, sul margine Sud dell'area considerata, ha caratteri perenni e anche nel periodo di esaurimento estivo è caratterizzato da un certo deflusso, sebbene limitato a portate stimate inferiori a 1 l/s (Figura 5). Al fine di valutare le caratteristiche chimico - fisiche delle sue acque ed eventuali variazioni nel tempo lungo il tratto adiacente all'area di studio sono state eseguite delle misurazioni di conducibilità elettrica, temperatura e pH con strumenti portatili (punti di misura codificati PM1-5 nella Figura 3 e nella Figura 6).

La Tabella 3 contiene i dati di misura rilevati tra giugno 2018 e aprile 2019, mentre in Figura 6 sono riportate le immagini dei punti di misura sul fosso Cetina. Nella Tabella 3 sono stati anche inseriti i dati rilevati sul fiume Arno (Figura 7) appena a monte della confluenza.



Figura 5 – Fosso di Cetina presso la confluenza in Arno (immagine a sinistra) e al di sotto del ponticello di via di Bruschetto (situazione al 26/09/2018).



Fosso di Cetina Punto di misura 2 (PM2).



Fosso di Cetina Punto di misura 3 (PM3).



Fosso di Cetina Punto di misura 4 (PM4).



Fosso di Cetina Punto di misura 5 (PM5).

Figura 6 – Fosso di Cetina punti di misura nel corso della campagna eseguita il 22/06/2018.



Figura 7 – Fiume Arno che delimita a Ovest la zona di indagine in corrispondenza del punto di misura 1 (PM1).

Corso d'acqua	Codice punto	Data	temp. (°C)	pH (unità pH)	Cond el. (uS/cm)	Stima portata (l/s)
Fiume Arno	PM1	22/06/2018	23.3	7.99	545	
		26/09/2018	21.0		697	
		18/04/2019	10.6		609	
Fosso di Cetina	PM2	22/06/2018	20.5	8.13	1437	0.8
		26/09/2018	15.2		1575	0.3
		14/02/2019	3.0		1085	
		18/04/2019	11.8		1026	
Fosso di Cetina	PM3	22/06/2018	20.1	7.98	1411	
		18/04/2019	9.6		1220	

Fosso di Cetina	PM4	22/06/2018	22.1	7.89	1532	
		18/04/2019	11.2		1080	
Fosso di Cetina	PM5	22/06/2018	22.6	7.98	1211	
		18/04/2019	13.2		1092	

Tabella 3 – Riepilogo dati misurati nel corso di differenti campagne eseguite tra giugno 2018 e aprile 2019.

I dati di conducibilità elettrica forniscono una prima indicazione sul chimismo delle acque e la profondità dei circuiti di alimentazione. I valori rilevati sull'Arno si mantengono abbastanza costanti nelle differenti campagne eseguite, risultando solo parzialmente condizionati dalle variazioni stagionali.

Il fosso di Cetina è caratterizzato da valori di conducibilità decisamente più alti di quelli osservati in Arno che sottolineano il differente contesto di bacino; particolarmente elevato è il grado di mineralizzazione a indicare un'alimentazione di base che deriva da acquiferi a circolazione piuttosto profonda. Le misurazioni sono state eseguite in differenti periodi dell'anno, ma sono riferite sempre a condizioni di magra del corso d'acqua; si osservano variazioni complessivamente contenute del parametro che mantiene un valore piuttosto elevato del grado di mineralizzazione.

4.3 Galleria Bruschetto esistente: analisi dei dati "as built" e rilievi in sito

Al fine di valutare eventuali elementi di interesse idrogeologico in corrispondenza della galleria Bruschetto esistente è stata esaminata la seguente documentazione di contabilità definitiva disponibile:

- Lotto n.10a, Manufatto n. 169; impresa Astaldi; Galleria di Bruschetto – Portali;
- Lotto n.10a, Manufatto n. 169; impresa Astaldi; Galleria di Bruschetto a foro cieco;
- Lotto n.10a, Manufatto n. 169; impresa Astaldi; Galleria di Bruschetto – Pavimentazioni;

E' inoltre disponibile lo schema geologico riportato nella relazione del 1962 e relativo ad una sezione interpretativa sul versante del Colle impegnato dalle gallerie dell'Autostrada.

Dall'esame della contabilità definitiva emerge che lo sviluppo dello scavo per la canna destra e quella sinistra è risultato di circa 313 m; la livelletta del piano stradale è rivolta verso Sud, la quota in corrispondenza del portale lato Firenze è 135.9 m s.l.m., mentre quella sul portale lato Roma è 133.9 m s.l.m..

Sulla documentazione di "as built" disponibile non si riscontra traccia di strutture di regimazione idrica di eventuali acque di drenaggio, sia in corrispondenza dei piedritti, che in arco rovescio. Inoltre, non si riscontra la presenza di strutture di raccolta ed allontanamento di eventuali acque di galleria in corrispondenza dei portali. La documentazione è priva di qualsiasi riferimento a criticità ricollegabili alla presenza di acqua in galleria. Sono riportate altre annotazioni, ma relative a un problema derivante da un evento franoso avvenuto il 26/04/1961 che ostruì l'imbocco lato Roma della canna destra e che comportò l'esecuzione di un cunicolo perpendicolare allo scavo per poter proseguire le operazioni di rivestimento definitivo della calotta.

Al fine di verificare un'eventuale presenza di scarichi da sistemi di regimazione idrica all'interno della galleria e dei relativi scarichi agli imbocchi non noti, ma magari presenti, è stato eseguito un accurato sopralluogo percorrendo la via di Bruschetto che servì anche come strada di servizio all'epoca della costruzione della galleria. In particolare, sono stati esaminati i settori di versante a valle, sia del portale lato Roma, che di quello lato

Firenze (Figura 8), supponendo, per quest'ultimo, l'esistenza di una raccolta in contropendenza rispetto alla livelletta della galleria.

A seguito delle ispezioni visive, tuttavia, sia sul lato Roma che verso Firenze (Figura 9) non è stata riscontrata la presenza di alcun sistema di regimazione, raccolta e scarico verso l'Arno o in altre direzioni.



Figura 8 – Settori di versante esaminati per individuare eventuali scarichi di acque di drenaggio dalla galleria.

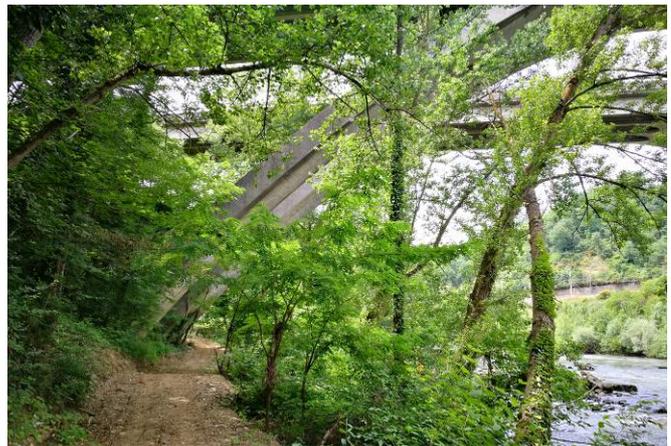
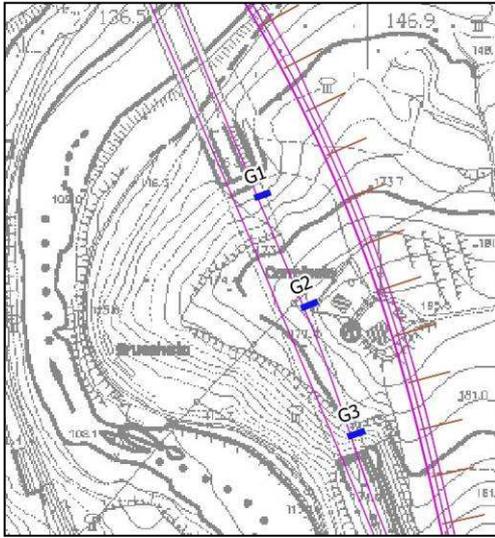


Figura 9 – Fondovalle dell'Arno in corrispondenza della spalla destra del viadotto sul settore rivolto verso il portale Firenze della galleria Bruschetto.

All'interno della galleria esistente si osservano diffuse centinature con ondulato (Figura 11 e Figura 12) forse posizionate per prevenire venute idriche dalla calotta. In canna Nord si sono osservati alcuni punti caratterizzati da presenza di evidenti aloni e residui di umidità in corrispondenza della parete e dei piedritti della galleria approssimativamente a 60 m, 160 e 290 m dall'imbocco lato Roma (Figura 13). Da osservazioni dirette eseguite a settembre 2018 e aprile 2019 la galleria non è risultata interessata da presenza di acque in calotta oppure presso i piedritti, neanche nelle zone dove sono stati osservati gli aloni più evidenti di umidità.

Nei mesi di giugno e luglio 2018 all'interno della canna Nord della galleria esistente sono state realizzate 3 perforazioni perpendicolari ai piedritti dirette verso Est con lunghezze variabili da 11 a 15 m (Figura 10). Tutti i sondaggi realizzati non hanno comunque evidenziato la presenza di acque di falda.



Sondaggio orizzontale in canna Nord	Progr. Km	lunghezza perforazione (m)
G1	318+715	11.4
G2	318+840	14.4
G3	318+980	14

Figura 10 – Ubicazione sondaggi orizzontali nella galleria Bruschetto esistente e caratteristiche.

Sulla base di quanto osservato si ritiene che la galleria non sia interessata da venute idriche continuative e che non sia soggetta ad un carico piezometrico costante ma che possa essere interessata da flussi idrici solamente in particolari condizioni idrologiche. E' probabile l'esistenza di un drenaggio perimetrale che tramite delle feritoie (Figura 14) scarica su una cunetta tipo francese alla base dei piedritti della galleria che a sua volta, seguendo la livelletta, scarica sul portale lato Roma. Tale sistema funziona a seguito di periodi caratterizzati da eventi particolarmente significativi, mentre in condizioni ordinarie, come osservato, risultano prevalentemente asciutti.



Figura 11 – Centinatura e aloni di umidità in corrispondenza dei piedritti della canna Nord a circa 280 m dall'imbocco lato Roma.



Figura 12 – Centinatura e aloni di umidità in corrispondenza dei piedritti della canna Nord a circa 60 m dall'imbocco lato Roma.



Figura 13 – Indicazione su planimetria dei punti in cui si sono riscontrate tracce di infiltrazione nella galleria Bruschetto esistente.



Figura 14 – Feritoie relative a probabili scarichi di sistemi drenanti perimetrali.

Lo schema geologico contenuto nella relazione del 1962 evidenzia la presenza di una coltre superficiale costituita da accumulo di frane riattivate, da una zona intermedia in roccia profondamente alterata e dalla roccia in sede comunque fratturata e degradata (Figura 15). Dal punto di vista idrogeologico tale ricostruzione schematica potrebbe essere abbinata a circuiti idrici entro la coltre superficiale e da circuiti più profondi localizzati entro i settori fratturati della roccia in sede. Su versante non si osservano tuttavia venute idriche da sorgente derivante da circolazione idrica superficiale, per cui tale modello può essere valido limitatamente ai periodi più piovosi. La circolazione più profonda avviene sicuramente nelle zone maggiormente fratturate, che, tuttavia, non sembrano interessare la galleria con continuità.

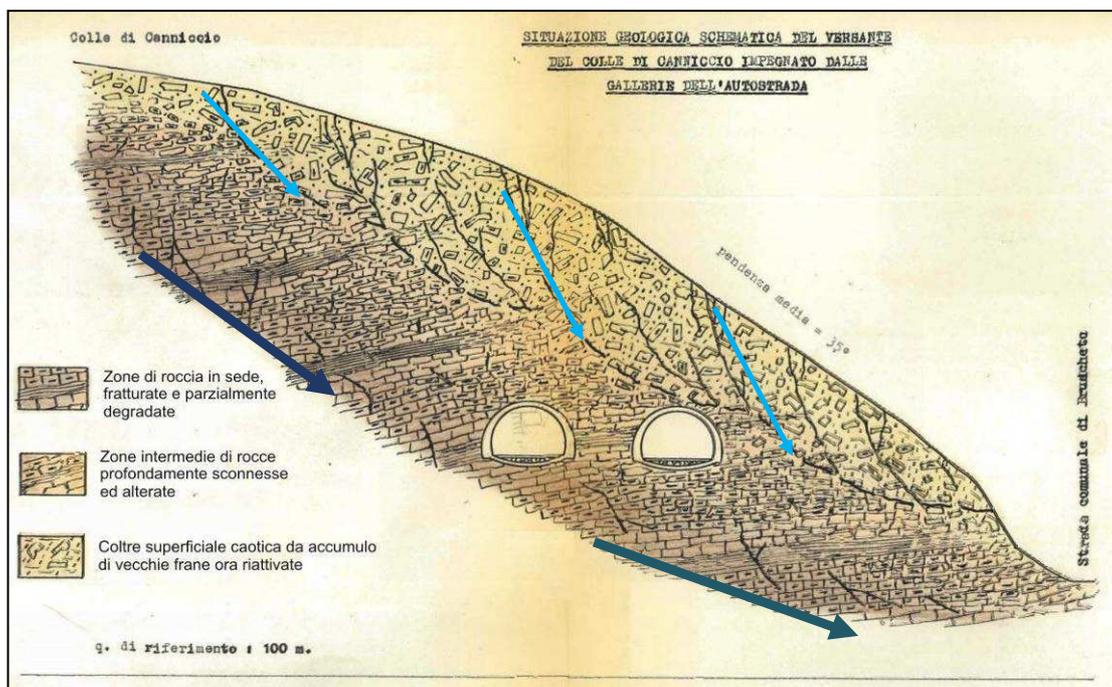


Figura 15 – Schema geologico della relazione del 1962. Le frecce interpretano i possibili circuiti idrici profondi (frecce blu) e quelli più superficiali (frecce azzurre).

5. MONITORAGGIO IDROMETRICO IN CORRISPONDENZA DEI PIEZOMETRI IN ASSE TRACCIATO

5.1 Analisi dei dati piezometrici disponibili

Il tracciato della galleria in progetto è stato interessato da diverse campagne geognostiche eseguite a partire dal 2004 fino al 2018.

Nell'ambito di tali campagne geognostiche sono stati installati piezometri a tubo aperto con tratti finestrati a profondità variabile a seconda delle specifiche caratteristiche litologiche riscontrate in fase di perforazione e del contesto idrogeologico da monitorare. In alcuni piezometri sono state anche installate celle di Casagrande per la misura delle pressioni neutre solitamente a profondità maggiori dei tratti finestrati in tubo aperto.

A seguito delle indagini geognostiche eseguite tra 2004 e 2006 e tra 2009 – 2012 sono state eseguite delle campagne di misura dei livelli piezometrici con cadenze varie. Nell'ambito del presente studio sono state eseguite campagne di misura a luglio 2018 e a febbraio e aprile 2019 al fine di caratterizzare il regime delle falde interessate dal tracciato in progetto in periodi idrologici differenti.

Le misurazioni del 2018 – 2019 hanno interessato anche i piezometri superstiti delle campagne geognostiche pregresse quando è stato possibile rintracciarli. Tutti i dati disponibili sono stati quindi correlati alle precipitazioni del pluviometro più vicino all'area di indagine che è risultato quello di Incisa Valle (codice TOS01004591 - Figura 16) ubicato in prossimità dei confini comunali di Incisa - Figline, Reggello e Rignano sull'Arno alla quota di 108.42 m s.l.m.

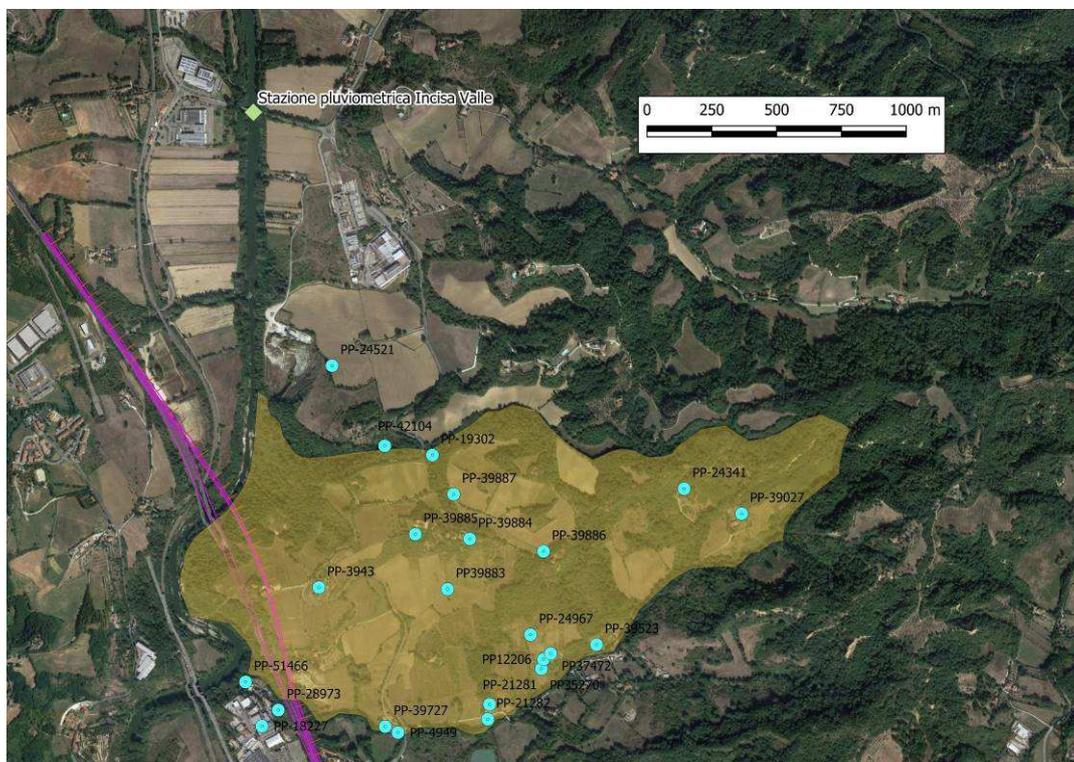


Figura 16 - Ubicazione del pluviometro di Incisa Valle in relazione all'area di indagine.

In allegato 2 vengono riportate le elaborazioni grafiche di tutti i dati disponibili a partire dal 2004. I dati di misura sono rappresentati graficamente come soggiacenza rispetto al piano campagna in accordo con i dati riportati sul profilo. Nello stesso allegato sono anche riportati gli andamenti grafici espressi in quota assoluta.

Nella Tabella 4 vengono riepilogati i dati caratteristici dei piezometri e l'intervallo di oscillazione delle misure idrometriche eseguite anche in relazione alla quota di progetto di galleria per i piezometri in asse al tracciato. Nella Figura 17 viene riportata l'ubicazione dei punti.

Codice	Est	Nord	Profondità (m)	Quota (m s.l.m.)	filtri sup (m)	filtri inf (m)	q. sup filtri (m s.l.m.)	q. inf filtri (m s.l.m.)	Oscillazioni della soggiacenza (m)		Oscillazioni del livello piezometrico (m s.l.m.)		Quota progetto galleria (m s.l.m.)
									min	max	min	max	
SE2	1697840.0	4838899.8	40	106.94	7	40	100	67	1.9	1.9	105	105	
SA33	1697899.9	4838836.5	35	114.90	12	28	103	87	6.5	10.2	108	105	
SV2B/bis	1697968.4	4838757.6	35	157.03	3	35	154	122	15.7	17.5	141	140	136.8
SSB10	1697958.8	4838692.0	40	167.33	14	40	153	127	19.4	23.1	148	144	136.8
PZ1	1698017.1	4838590.0	75	187.35	40	75	147	112	28.3	38.9	159	149	136
PZ2	1698003.1	4838601.5	75	185.10	40	75	145	110	26.3	32.5	159	153	136
POZZO 1	1698006.9	4838586.5	75	187.63	40	75	148	113	28.7	38.7	159	149	136
SB49	1698013.0	4838535.5	75	197.42	41	75	156	122	38.8	49.9	159	148	135.7
SV3B	1698040.1	4838482.2	65	191.96	9	65	183	127	54.3	55.3	138	137	135.2
SSB11	1698050.9	4838357.7	55	175.94	24	55	152	121	33.6	51.6	142	124	134.4
SV25ter	1698175.7	4838325.3	30	161.48	3	30	158	131	12.1	16.0	149	145	133.8
SE4	1698089.4	4838279.1	40	151.20	10	40	141	111	20.1	24.0	131	127	133.7
SE5	1698038.6	4838100.8	15	125.20	3	15	122	110	8.9	11.3	116	114	
SE6	1698181.3	4838071.0	15	122.95	3	15	120	108	4.0	4.5	119	118	
SE6 Casagrande	1698181.3	4838071.0	25	122.95					5.2	6.2	118	117	
SV4A	1698173.3	4838014.2	35	126.86	3	35	124	92	6.9	14.4	120	113	
SE7	1698185.1	4837824.9	40	138.36	3	35	135	103	19.4	21.0	119	117	

Tabella 4 - Dati idrometrici misurati in corrispondenza dei piezometri in asse al tracciato.

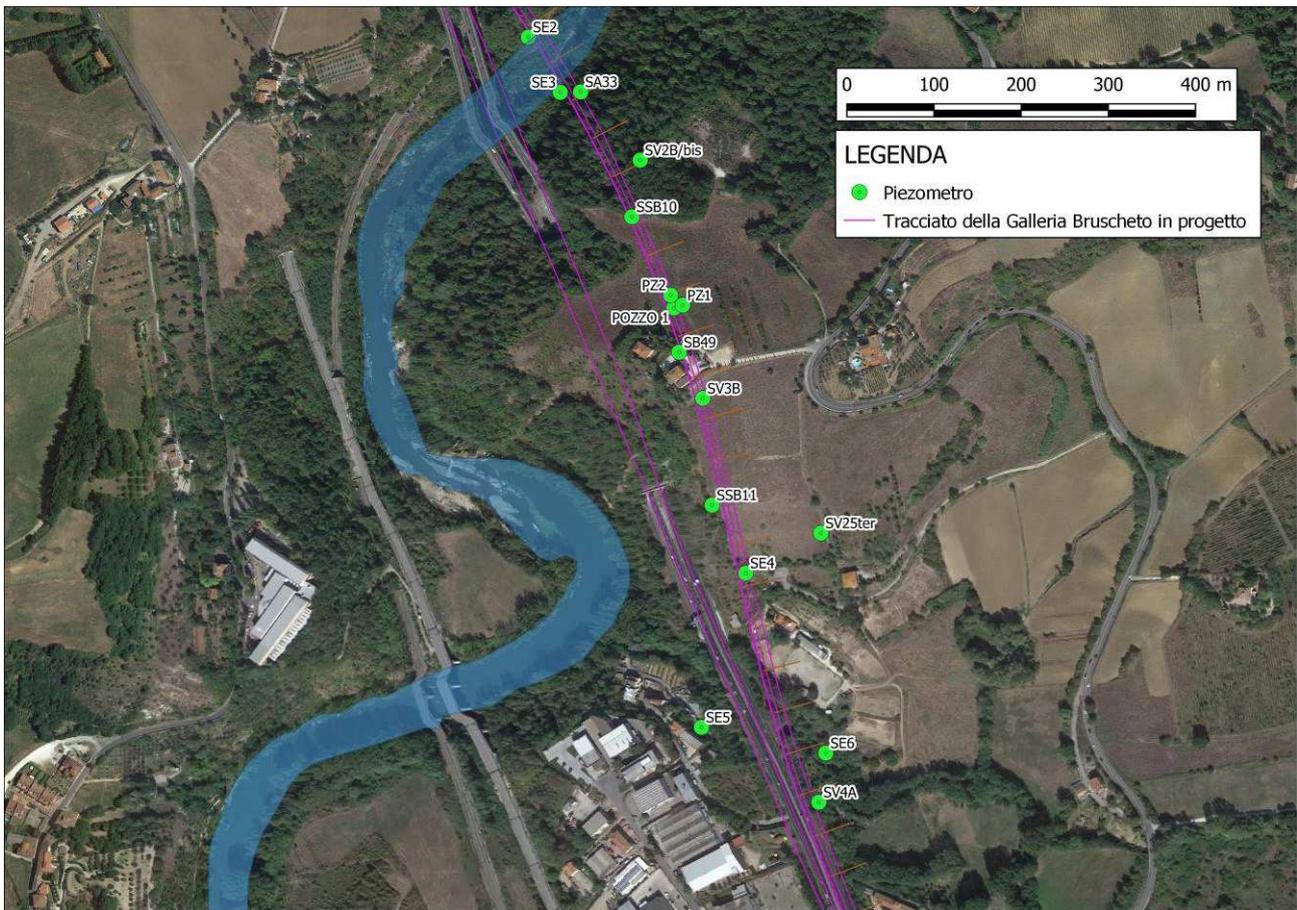


Figura 17 – Ubicazione dei piezometri in asse alla galleria.

In generale i piezometri situati nei pressi del fosso di Cetina a Sud del portale lato Roma evidenziano falda poco profonda in equilibrio con i livelli del fosso. Sul versante Sud del rilievo interessato dalla galleria le piezometriche risultano abbastanza profonde, a livello o poco sopra della quota di scavo. Risultano accentuate le escursioni dovute alle variazioni degli apporti pluviometrici. Sul versante Nord del rilievo tali escursioni risultano sensibilmente meno accentuate verosimilmente per la presenza di circuiti idrici più profondi e meno condizionati da apporti più superficiali.

Di seguito, partendo dall'imbocco lato Roma e procedendo verso Nord, vengono descritti più in dettaglio gli andamenti dei dati idrometrici rilevati sui singoli piezometri, anche in relazione all'andamento delle precipitazioni registrate sul pluviometro di Incisa Valle.

Il piezometro SE 7 interessa l'area industriale che si eleva in sinistra al fosso Cetina; la piezometria risulta profonda circa 20 m (attorno a quota 118 m s.l.m.) e si raccorda alle quote dei livelli misurati nel subalveo del fosso.

Il piezometro SV4A è ubicato in sinistra al fosso di Cetina, circa 350 m a monte della confluenza in Arno. Gli andamenti dei livelli di falda evidenziano oscillazioni di alcuni m in stretta correlazione con l'andamento pluviometrico, attestandosi mediamente circa alla quota 118 m s.l.m.. Analoghi livelli presentano i piezometri SE 5 in sinistra fosso Cetina e SE 6 in destra.

In corrispondenza dell'imbocco lato Roma della galleria, nell'ambito degli accertamenti in fase di progettazione esecutiva, è stato realizzato il piezometro SE4. Sono disponibili solo alcune misure eseguite tra giugno e luglio 2018 e ad aprile 2019; la falda è comunque risultata tra 22.7 e 24.0 m dal piano campagna, circa alle quote di base galleria. Le oscillazioni del livello, per quanto sia possibile valutare dalle poche misure disponibili, sono correlabili all'andamento degli apporti pluviometrici. Sempre nei pressi del portale lato Roma, ma disassato di circa 100 m verso Est, è presente il piezometro SV25Bter che evidenzia la presenza di falda circa tra 12 e 16 m dal piano campagna (146 – 150 m s.l.m.).

Sul settore di versante rivolto a Sud del rilievo interessato dalla galleria è anche presente il piezometro SSB11 che evidenzia diversi valori della piezometrica a profondità attorno a 50 m dal piano campagna (circa a quota 125 m s.l.m.) praticamente appena al di sotto del piano scavo della galleria. In periodi di magra (giugno e ottobre 2009, settembre 2010) il piezometro è risultato anche asciutto. Alcuni valori invece sono stati misurati a quote decisamente superiori (soggiacenza a 33 – 35 m corrispondente a 140 – 142 m s.l.m.) evidenziando episodi di ricarica abbastanza veloce; al contrario diverse altre misurazioni, non risultano condizionate dagli apporti e sembrerebbero essere correlate a circuiti lenti e più profondi. Il piezometro sembra quindi interessato sia da circuiti idrici più rapidi e superficiali che da circolazione più lenta ad alimentazione più profonda.

Sempre sul versante Sud, ma in prossimità della sommità dei rilievi, sono disponibili dei dati piezometrici rilevati tra il 2011 e 2012 su SV3B. Anche in questo punto le misure evidenziano una falda attestata, a seconda dei periodi, tra 48 e 55 m di profondità dal piano campagna, a quote prossime a quelle della galleria. Gli andamenti misurati tra giugno e ottobre 2012 evidenziano l'esaurimento della falda con tendenza ad approfondimento dei livelli anche a seguito dei primi, significativi, apporti pluviometrici di settembre ed ottobre (per complessivi 204 mm). Tale andamento è molto simile a quello osservato su SSB11 nello stesso periodo ed evidenzia un comportamento analogo nonostante il piezometro SV3B sia finestrato per un tratto decisamente più lungo (da 9 a 65 m di profondità per totali 56 m) rispetto ai 28 m di SSB11. Si evidenzia quindi l'assenza di apporti più superficiali da eventuali falde sospese.

Presso la località Canniccio in sommità al rilievo interessato dalla galleria era stato realizzato il piezometro SSB49 su cui sono stati misurati dei dati nel corso del 2005 e tra 2009 e 2010. Le misurazioni disponibili rilevano la falda a profondità medie di circa 50 m da piano campagna (circa 147 m s.l.m.), con incrementi dei livelli fino a circa 39 m (148 m s.l.m.) in periodi (maggio 2010) soggetti a maggior ricarica. Tale andamento è simile a quello osservato su SSB11 ad evidenziare la presenza di un sistema idrico con analogo comportamento nei due punti di misura.

Nell'ambito dell'esecuzione di una prova di emungimento nei primi mesi del 2018 sono stati realizzati il Pozzo 1 e due piezometri di riferimento PZ1 e PZ2. Sul PZ1 è stato anche collocato un misuratore automatico del livello di cui si dispone di dati misurati tra luglio 2018 e febbraio 2019 (Figura 18). Le registrazioni su PZ1 evidenziano il lungo periodo di esaurimento che dalla primavera prosegue fino al mese di novembre con un abbassamento della piezometrica di circa 7 m; considerando tuttavia anche alcune letture manuali eseguite nei mesi precedenti ed in particolare quella di marzo 2018, l'abbassamento osservato alla fine dell'esaurimento risulterebbe maggiore a 15 m, ovvero si osserva un abbassamento da 26.35 m di soggiacenza, corrispondenti ad una quota di circa 159 m s.l.m., fino a circa 41.5 m pari a 143.85 m s.l.m..

Analogo andamento ed abbassamento viene osservato sul Pozzo 1 e sul piezometro PZ2 sebbene su quest'ultimo l'entità dell'abbassamento sia sensibilmente più contenuta nel periodo di esaurimento.

Nella Figura 19 viene riportato un dettaglio relativo al periodo luglio – agosto 2018, dove emergono delle periodiche irregolarità (incremento dell'abbassamento per 0.5 – 0.7 m e successivo rapido recupero) che inframezzano con cadenza abbastanza regolare la costante tendenza all'abbassamento caratteristica del periodo di esaurimento. Tali irregolarità potrebbero essere riconducibili a effetti di interferenza con l'emungimento della falda ad opera di captazioni limitrofe, in particolare il pozzo PP-3943).

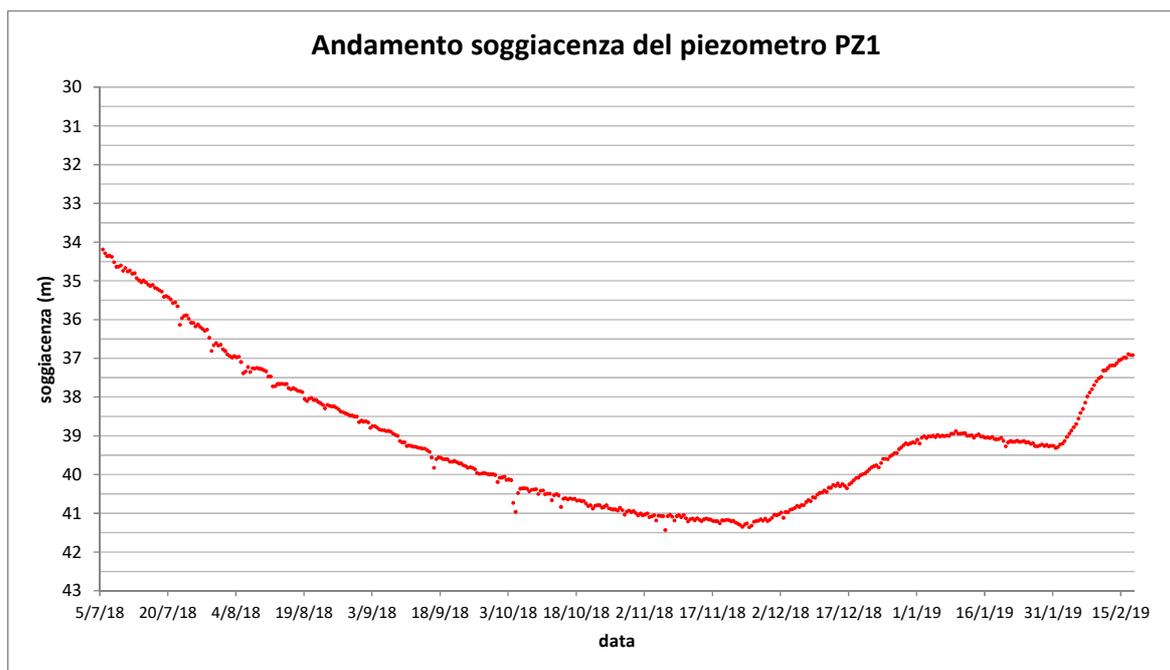


Figura 18 – Andamento della soggiacenza registrata in corrispondenza del Piezometro PZ1 nel periodo 05/07/2018 – 19/02/2019.

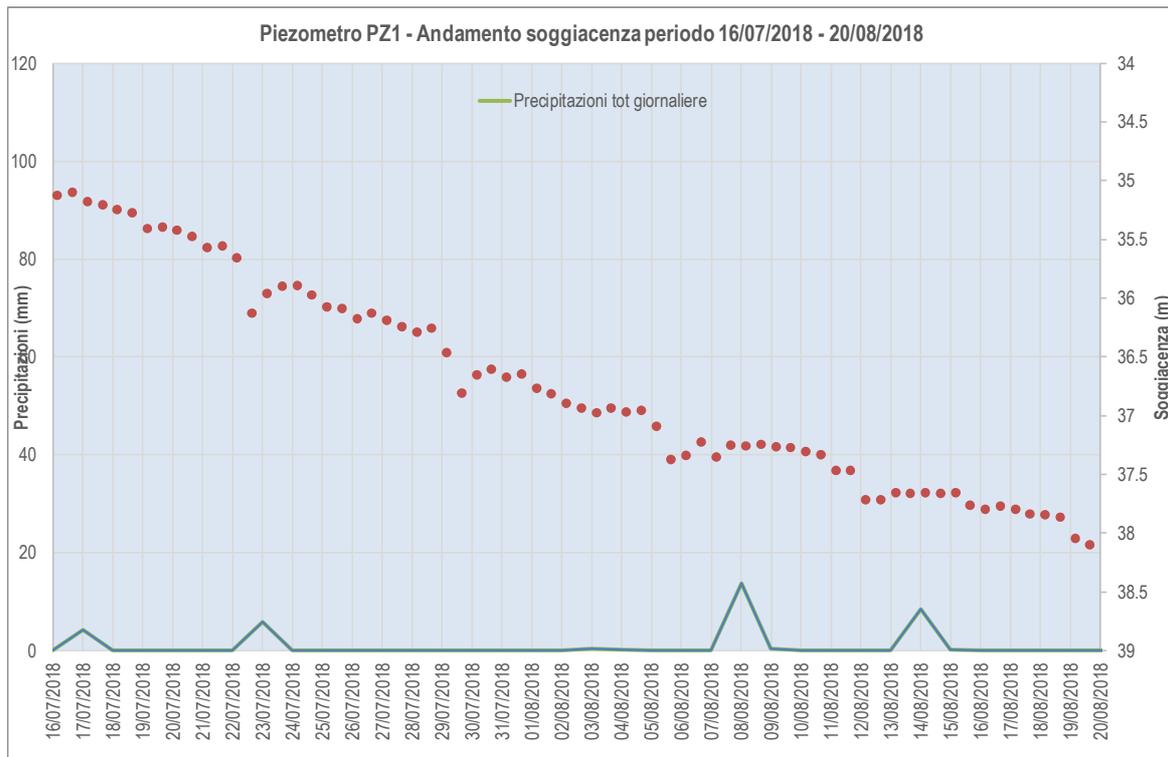


Figura 19 – Andamento soggiacenza in relazione alle precipitazioni registrata da misuratore automatico su Piezometro PZ1, periodo 16/07/2018 – 20/08/2018.

Sul piezometro SSB10 sono state osservate oscillazioni del livello comprese tra 19 e 23 m dal piano campagna corrispondenti rispettivamente a 145.5 – 141.5 m s.l.m.; le misure eseguite il 10/05/2010 e il 10/02/2018 non hanno evidenziato oscillazioni significative rispetto a quanto invece rilevato su SSB11 ed SSB49 che risulterebbero essere caratterizzati anche da una componente più superficiale a differente (più breve) tempo di ricarica.

Il piezometro SV2bis dispone solamente di alcune misure del 2011 e del 2018 il cui andamento sostanzialmente si allinea con quanto osservato sugli altri piezometri.

In destra Arno, a valle dell'imbocco lato Firenze della galleria, è presente il piezometro SA33 i cui livelli idrometrici sono in equilibrio con le acque del fiume attorno ad una quota di circa 106 m s.l.m.. Le oscillazioni sono contenute in poco più di 1 m. Nei periodi di magra accentuata il piezometro si asciuga completamente.

5.2 Descrizione del profilo idrogeologico

La traccia del profilo è stata elaborata sulla base dell'interpolazione dei livelli minimi di soggiacenza riferiti ai periodi di ricarica più accentuata della falda osservati precedentemente il 2011 e tra gennaio 2018 e aprile 2019. Al fine di poter valutare la massima escursione della falda su ogni piezometro in asse galleria sono stati anche riportati i dati relativi alla massima soggiacenza sempre in riferimento agli stessi periodi.

Nel settore a Sud dell'imbocco la piezometrica è in equilibrio con il subalveo del fosso Cetina, ai piedi del rilievo interessato dalla galleria segue solo inizialmente la superficie del versante, quindi tende ad approfondirsi mantenendosi circa alla quota del piano di scavo della stessa galleria come evidenziato dalle misure di diversi piezometri con falda a circa 50 m da piano campagna. Le oscillazioni stagionali della piezometrica risultano piuttosto pronunciate e, in base ai limitati dati disponibili, determinano oscillazioni anche maggiori di 10 m. Non si riscontra la presenza di falde superficiali sospese circolanti entro la coltre più fratturata superficiale.

In corrispondenza della sommità del rilievo e sul versante rivolto verso Nord le piezometriche risultano lievemente meno approfondite anche se si misurano soggiacenze di 30 - 40 m; sensibilmente più ridotti risultano le oscillazioni derivanti dalle variazioni stagionali del regime idrologico.

Ai piedi del versante Nord la piezometrica si ricongiunge con i deflussi dell'Arno.

Oltre alla sezione in asse è stata anche tracciata una sezione interpretativa trasversale circa in direzione ESE, al fine di caratterizzare, sulla base delle informazioni disponibili, il contesto idrogeologico delle captazioni PP-3943 e PP-39883 in relazione alla posizione della galleria.

L'andamento della piezometrica nel tratto tra la galleria e il pozzo PP-3943 è stato ricostruito sulla base delle misurazioni sperimentali effettuate su pozzi e piezometri; sulla parte più a Est l'andamento è stato estrapolato, omettendo la presenza di falde più superficiali sospese, che, al contrario di quanto si osserva in asse galleria, possono essere presenti nelle aree più a Est.

6. VALUTAZIONE QUALITATIVA DELLE INTERFERENZE ATTESE FRA OPERE DI PROGETTO ED ACQUE SOTTERRANEE

6.1 Valutazione delle interferenze prodotte da gallerie in contesti geologici e strutturali simili

La galleria Poggio Secco è stata realizzata tra il 2007 e 2008 ed è parte delle opere di raccordo tra la Autostrada A1 e la viabilità ordinaria presso la località Galluzzo alle porte di Firenze (Figura 20). Il contesto geologico e topografico (Figura 21) è simile a quello che verrà incontrato nella galleria Bruschetto. La Poggio Secco, infatti, interessa per tutta la sua lunghezza la formazione di Monte Morello (MML - Figura 21) e si estende per 1230 m con spessori di copertura in calotta variabili da 25 a 70 m.

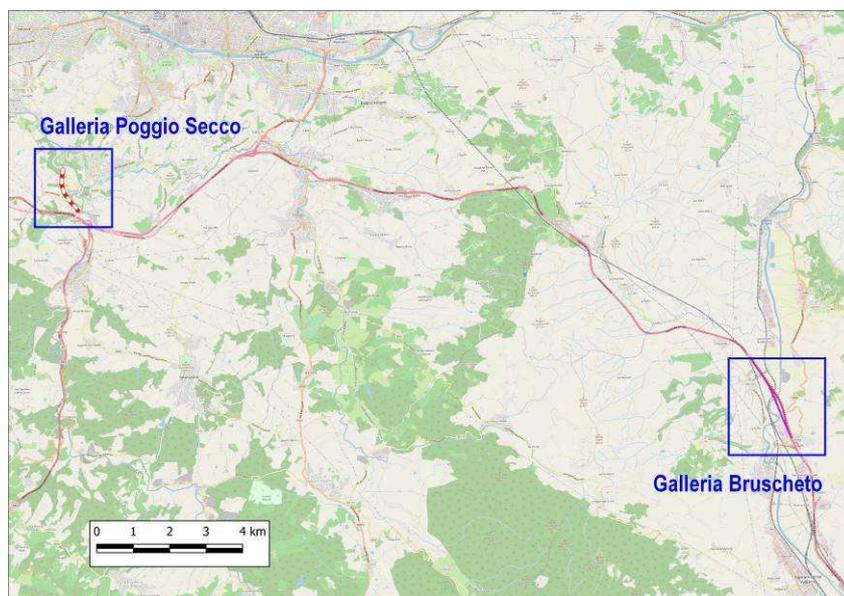


Figura 20 – Ubicazione della galleria Bruscheto in relazione alla Poggio Secco.

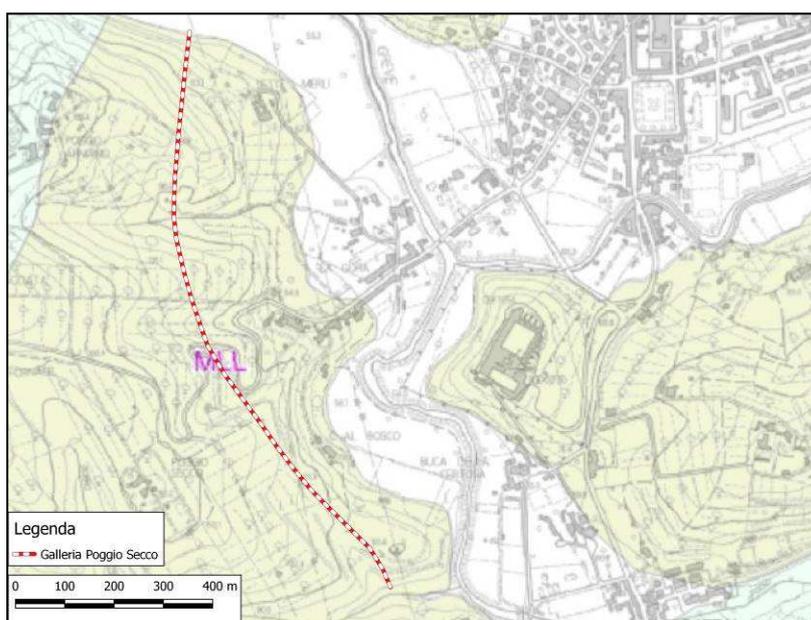


Figura 21 – Galleria Poggio Secco che interessa per tutto il suo sviluppo la formazione dei Calcari di Monte Morello.

La galleria è stata oggetto di studi eseguiti successivamente alla sua realizzazione¹ al fine di valutare eventuali interferenze idriche sul sistema di captazioni limitrofe. Nella Figura 22 vengono rappresentati i dati di deflusso relativi al 2014 drenati e misurati in corrispondenza di uno stramazzo all'imbocco lato Firenze. L'andamento delle misure mette in evidenza il forte condizionamento delle precipitazioni sull'andamento della portata raccolta

¹ SPEA Hydrodata giugno 2015 - Analisi e valutazione degli effetti dello scavo della galleria Poggio Secco sul sistema di utilizzazioni idriche nel medio e lungo periodo rispetto al completamento dello scavo.

dal sistema di drenaggio, con oscillazioni da valori massimi di 25 l/s, in periodo di forte ricarica (11/02/14), fino a minimi inferiori a 1 l/s, in fase di esaurimento (0.78 l/s il 24/10/2014).

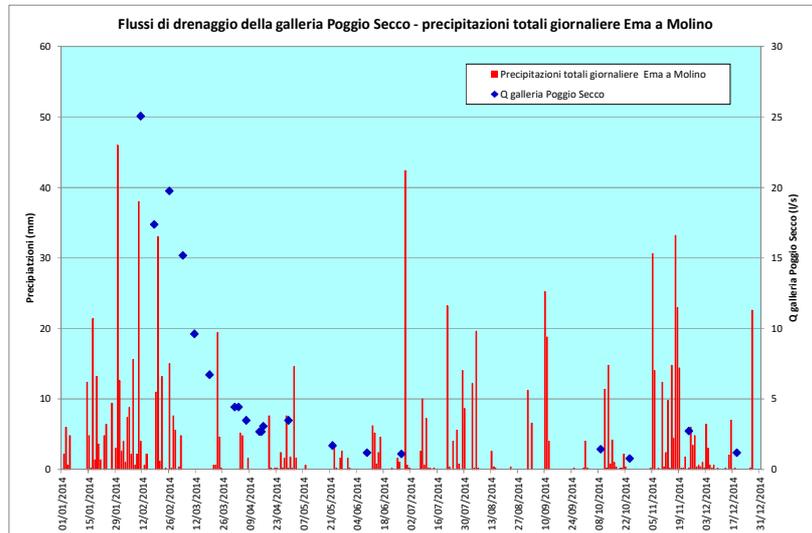


Figura 22 - Andamento della portata drenata dalla galleria Poggio Secco, misurata su stramazzo all'imbocco lato Firenze, in relazione alle precipitazioni totali giornaliere nel periodo febbraio - dicembre 2014.

Nella Figura 5 sono riportati i valori di portata ricavati, per via indiretta, dall'equazione dello stramazzo sulla base delle letture di livello idrometrico.

Data	h stramazzo (m)	Portata (l/s)
11/02/2014	0.22	25.06
18/02/2014	0.19	17.37
26/02/2014	0.2	19.74
05/03/2014	0.18	15.17
11/03/2014	0.15	9.62
19/03/2014	0.13	6.73
01/04/2014	0.11	4.43
03/04/2014	0.11	4.43
07/04/2014	0.1	3.49
14/04/2014	0.09	2.68
15/04/2014	0.09	2.68
16/04/2014	0.095	3.07
29/04/2014	0.1	3.49
22/05/2014	0.075	1.70
09/06/2014	0.065	1.19
27/06/2014		1.09
09/10/2014	0.07	1.43
24/10/2014	0.055	0.78
24/11/2014	0.063	2.73
19/12/2014	0.065	1.19

Tabella 5 - Dati di portata misurati per via indiretta sullo stramazzo in relazione alle letture di livello idrometrico (h).

Sulla base di tali dati nell'ambito dello studio citato era stato calcolato il volume dei flussi drenati nell'arco dell'anno di osservazione corrispondente ad una portata media di circa 5 l/s.

6.2 Valutazione con il metodo empirico di Heuer (2005)

L'approccio proposto vede l'applicazione di un metodo semiempirico (Heuer 1995, 2005) che, partendo da un'analisi statistica dei risultati delle prove di permeabilità in foro eseguite sui vari complessi rocciosi propone una valutazione delle venute d'acqua al fronte, in funzione del carico idraulico a cui è soggetta la galleria.

La correlazione tra permeabilità Lugeon dell'ammasso e venute idriche è basata su una relazione diretta supportata da numerose casistiche studiate relative a tunnel in ammassi rocciosi fratturati, suddivisi in opere superficiali e profonde sulla base del rapporto tra l'altezza di copertura H e il diametro D della galleria stessa.

Le portate stimate con il metodo di Heuer si riferiscono ai valori stabilizzati, ovvero alle portate che si misurano successivamente alla fase transitoria di maggior afflusso registrate in avanzamento al fronte di scavo.

Il metodo di Heuer trova la migliore applicazione per la stima delle venute idriche da circolazione in rete di fratture entro un ammasso in prima approssimazione omogeneo dal punto di vista idraulico. La metodologia presenta invece maggiori limiti per quanto riguarda la valutazione dei contributi dalle zone di faglia, ovvero da settori lineari localizzati di drenaggio, per i quali il contributo, difficilmente valutabile a priori, può risultare sottostimato.

La stima è stata effettuata utilizzando valori caratteristici del coefficiente K dalle prove Lugeon, eseguite entro l'unità litologica dei Calcari di Monte Morello (MML) ed alle specifiche condizioni di fratturazione/tettonizzazione. I risultati delle prove in termini di coefficiente K sono riportati in sintesi nella Tabella 6. In Tabella 7 sono riportati i dati medi, minimi e massimi relativi all'intero campione dei dati di prova.

Le prove in foro riguardano prevalentemente campi di profondità tra i 15 e i 60 m da p.c.. Viene tenuta in considerazione sia la riduzione di permeabilità nei livelli profondi per serraggio delle fratture, che l'opposto fenomeno di incremento per decompressione superficiale, correlabile al carico litostatico.

Per questo motivo, come previsto anche dal metodo di Heuer e comunque da qualsiasi approccio quantitativo all'idraulica nel mezzo fratturato, è stato valutato un fattore moltiplicativo RF della conducibilità idraulica. Nel campo di profondità interessato dalla galleria tale fattore RF è circa compreso tra 1,8 e 0,9 (cfr. Figura 23).

L'applicazione del metodo di Heuer si basa sul diagramma sperimentale riportato in Figura 24, in cui sono riportati, per differenti campi di valori del rapporto H/D, le portate unitarie in galloni/min / 1000 ft tunnel / ft carico idraulico (in sinistra nel grafico è indicato il fattore di conversione in unità mks).

I valori di carico idraulico sono stati ricavati dai dati piezometrici riportati sulle stratigrafie dei sondaggi, dove disponibili e significativi.

La portata calcolata con il metodo di Heuer descritto per la galleria Bruschetto ammonta a 2.8 l/s. Tale valore è il risultato della sommatoria degli apporti di singoli tratti della lunghezza di 50 m per ciascuno dei quali è stato valutato il contributo sulla base della metodologia descritta. Nella Figura 25 è riportato il grafico delle portate cumulate entro la galleria.

Sondaggio	unità litologica	RQD	profondità (m-m da p.c.)	K (m/s)
SA32	MML	30 - 40%	26.70 - 28.70	4.50E-07
SA33	MML	70 - 80 %	16.7 - 19.7	2.42E-07
SB43	MML		13.0 - 15.6	1.30E-06
SB49	MML	50 -70 %	49.1 - 52.1	4.93E-07
SB49	MML (parte tettonizzata)	0	56.0 - 59.0	3.97E-06
SSB10	MML	50 - 60 %	19.0 - 23.0	7.13E-07
SSB10	MML	40 - 50 %	28.0 - 31.0	8.22E-07
SSB11	MML	50 - 60 %	32.0 - 35.0	2.86E-07
SSB11	MML	40 - 50 %	41.0 - 44.0	1.18E-06
SV2B	MML (parte tettonizzata)	10 - 40 %	14.5 - 15.5	8.46E-06
SV25B	MML (parte tettonizzata)	25 - 35 %	29.0 - 30.0	2.12E-06

Tabella 6 - Prove di permeabilità Lugeon eseguite in foro lungo il tracciato della galleria.

litotipo	K (m/s)			
	media	max	Min	Num
MML	1.82E-06	8.46E-06	2.42E-07	11

Tabella 7 - Valori di K medi, massimi e minimi ricavati sulla base delle prove Lugeon (il campo "num" indica il numero di prove disponibili).

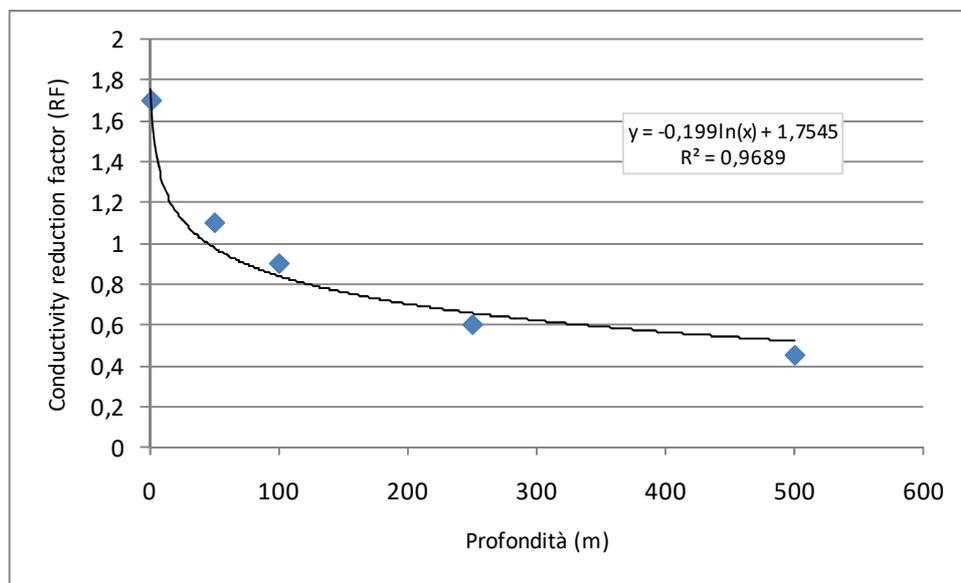


Figura 23 - Fattore teorico di riduzione della conducibilità idraulica in funzione del serraggio delle fratture in funzione del carico litostatico.

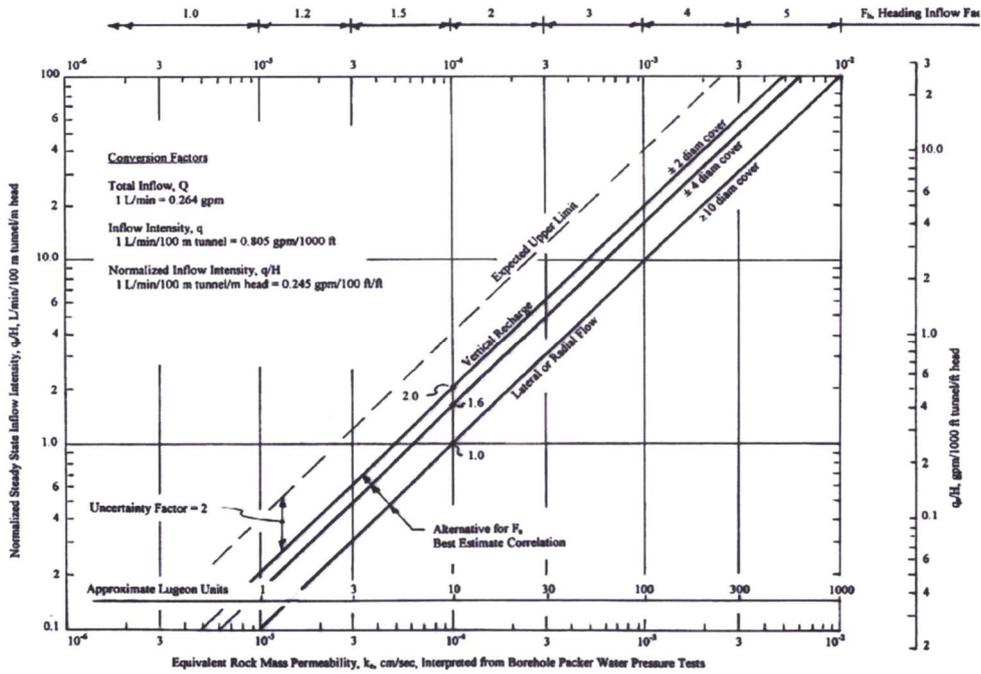


Figura 24 - Corrispondenza tra venute d'acqua stabilizzate dietro al fronte di avanzamento (in l/min/100m tunnel/m carico) e permeabilità del massiccio roccioso (in cm/s) determinata per mezzo di test idraulici (Heuer, 2005).

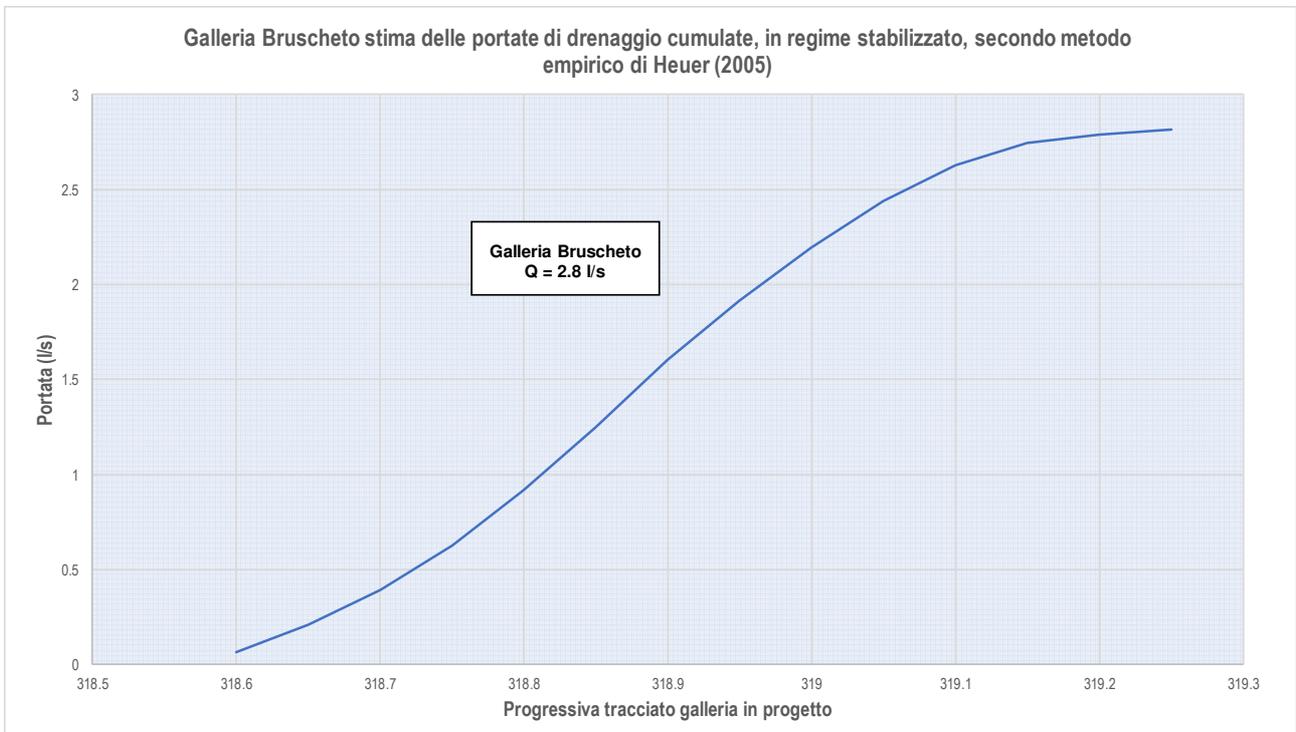


Figura 25 – Galleria Bruschetto: stima delle portate di drenaggio cumulate, in regime stabilizzato, mediante il metodo empirico di Heuer (2005).

7. INDAGINI IDROGEOCHIMICHE

7.1 Parametri analitici e metodiche

Contestualmente alle attività di censimento e di monitoraggio dei piezometri sono stati eseguiti alcuni prelievi dei campioni d'acqua per le determinazioni analitiche di laboratorio finalizzate ad ottenere delle indicazioni su eventuali differenziazioni in relazione a caratteristiche dei bacini di alimentazione e profondità della circolazione idrica.

A tal fine nella fase preliminare delle indagini è stato individuato il seguente "set" di parametri sufficientemente in grado di caratterizzare dal punto idrochimico le acque analizzate:

- Analisi cationi: Litio (Li⁺), Sodio (Na⁺), Potassio (K⁺), Ammoniaca (NH₄⁺), Calcio (Ca²⁺), Magnesio (Mg²⁺);
- Analisi anioni: Fluoruri (F⁻), Cloruri (Cl⁻), Bromuri (Br⁻), Nitrati (NO₃⁻), Nitriti (NO₂⁻), Fosfati (PO₄³⁻), Solfati (SO₄²⁻), Carbonati (CO₃²⁻), Bicarbonati (HCO₃⁻);

Le determinazioni chimiche sono state quindi eseguite dal laboratorio di Idrochimica del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Torino.

Nella Tabella 8 vengono elencati i parametri di misura, le metodiche analitiche utilizzate ed i limiti di rilevabilità.

Parametro	unità di misura	Trattamento campione	Metodologia analitica	limiti di rilevabilità
pH	unità pH	-	Potenziometria	-
Conducibilità elettrolitica	uS/cm	-	Conduttimetria.	-
Fluoruri (F ⁻)	mg/l	Filtrazione a 0,2 mm	Analisi anioni mediante cromato-grafia ionica con soppressione del fondo.	<0.01 mg/l
Cloruri (Cl ⁻)	mg/l	Filtrazione a 0,2 mm	Analisi anioni mediante cromato-grafia ionica con soppressione del fondo.	<0.01 mg/l
Bromuri (Br ⁻)	mg/l	Filtrazione a 0,2 mm	Analisi anioni mediante cromato-grafia ionica con soppressione del fondo.	<0.01 mg/l
Nitrati (NO ₃ ⁻)	mg/l	Filtrazione a 0,2 mm	Analisi anioni mediante cromato-grafia ionica con soppressione del fondo.	<0.01 mg/l
Nitriti (NO ₂ ⁻)	mg/l	Filtrazione a 0,2 mm	Analisi anioni mediante cromato-grafia ionica con soppressione del fondo.	<0.005 mg/l
Fosfati (PO ₄ ³⁻)	mg/l	Filtrazione a 0,2 mm	Analisi anioni mediante cromato-grafia ionica con soppressione del fondo.	<0.01 mg/l
Solfati (SO ₄ ²⁻)	mg/l	Filtrazione a 0,2 mm	Analisi anioni mediante cromato-grafia ionica con soppressione del fondo.	<0.01 mg/l
Litio (Li ⁺)	mg/l	Filtrazione a 0,2 mm	Analisi cationi mediante cromato-grafia ionica.	<0.01 mg/l
Sodio (Na ⁺)	mg/l	Filtrazione a 0,2 mm	Analisi cationi mediante cromato-grafia ionica.	<0.01 mg/l
Potassio (K ⁺)	mg/l	Filtrazione a 0,2 mm	Analisi cationi mediante cromato-grafia ionica.	<0.01 mg/l
Ammoniaca (NH ₄ ⁺)	mg/l	Filtrazione a 0,2 mm	Analisi cationi mediante cromato-grafia ionica.	<0.005 mg/l
Calcio (Ca ²⁺)	mg/l	Filtrazione a 0,2 mm	Analisi cationi mediante cromato-grafia ionica.	<0.01 mg/l
Magnesio (Mg ²⁺)	mg/l	Filtrazione a 0,2 mm	Analisi cationi mediante cromato-grafia ionica.	<0.01 mg/l
Carbonati (CO ₃ ²⁻)	mg/l	-	Titolazione volumetrica.	<0.01 mg/l
Bicarbonati (HCO ₃ ⁻)	mg/l	-	Titolazione volumetrica.	<0.01 mg/l

Tabella 8 - Metodiche analitiche utilizzate e limiti di rilevabilità.

Nella Tabella 9 viene presentato il quadro di riepilogo delle analisi chimiche. Al fine di verificare la correttezza delle determinazioni analitiche per ogni campione è stato calcolato il bilancio ionico verificando che fosse compreso entro il 5% di errore.

I certificati di misura delle determinazioni analitiche sono contenuti nell'allegato 3.

7.2 Analisi dei risultati

Sono stati prelevati 5 campioni; uno è relativo alle acque del fosso di Cetina che erano apparse piuttosto mineralizzate già nel corso dei rilievi in campo, le altre sono relative alle principali captazioni utilizzate nella zona e comprendenti il pozzo profondo PP-3949 di via Piana, il Pozzo 1 in asse alla galleria che è stato oggetto di prova di emungimento e le captazioni più superficiali dell'area di Torre del Castellano PP-39884 e PP-39887. Non è stato possibile invece il campionamento del pozzo irriguo PP-39883 in quanto chiuso e non accessibile.

I dati di conducibilità elettrica evidenziano un complessivo elevato grado di mineralizzazione, che risulta particolarmente evidente sia per i campioni delle captazioni più profonde (Pozzo 1 in asse galleria e Pozzo PP-3943), che per il fosso di Cetina al momento del campionamento prevalentemente alimentato dal deflusso di base. I pozzi più superficiali PP-39884 e PP-39887 presentano conducibilità sensibilmente inferiori anche se con valori in assoluto medio elevati.

L'acquifero intercettato dal Pozzo 1 che verrà sicuramente a contatto con lo scavo della galleria evidenzia concentrazioni di sali (Cloruri, Sodio e Solfati) decisamente elevate. La profondità del circuito idrico viene anche evidenziata dalla presenza di Bromuri (0.46 mg/l). Tali acque sembrano differenziarsi sensibilmente anche da quelle del vicino pozzo PP-3943 che, considerata la presenza di elevati tenori di nitrati (23.6 mg/l), potrebbe ricevere apporti superficiali responsabili di un inquinamento di probabile origine agricola. Il pozzo superficiale PP-39884 evidenzia un inquinamento in nitrati ancora maggiore evidenziato dalle concentrazioni molto elevate del parametro (80 mg/l); in questo caso anche l'elevato valore di solfati (101 mg/l) potrebbe avere un'origine antropica.

Il fosso di Cetina evidenzia concentrazioni molto elevate di cloruri e di sodio ad evidenziare un chimismo che per quanto riguarda il deflusso di base è sicuramente condizionato da apporti profondi di acque a elevato grado di mineralizzazione in miscelazione con acque di origine più superficiale.

Nella Figura 26 i dati analitici sono rappresentati graficamente mediante diagrammi di Schoeller e Piper. Nel primo è soprattutto evidente la differenza tra le acque del pozzo PP-3943 non troppo diverse da quelle ad elevato contenuto in cloruri che caratterizzano il deflusso di base del fosso di Cetina. Appaiono invece più simili le acque delle altre captazioni.

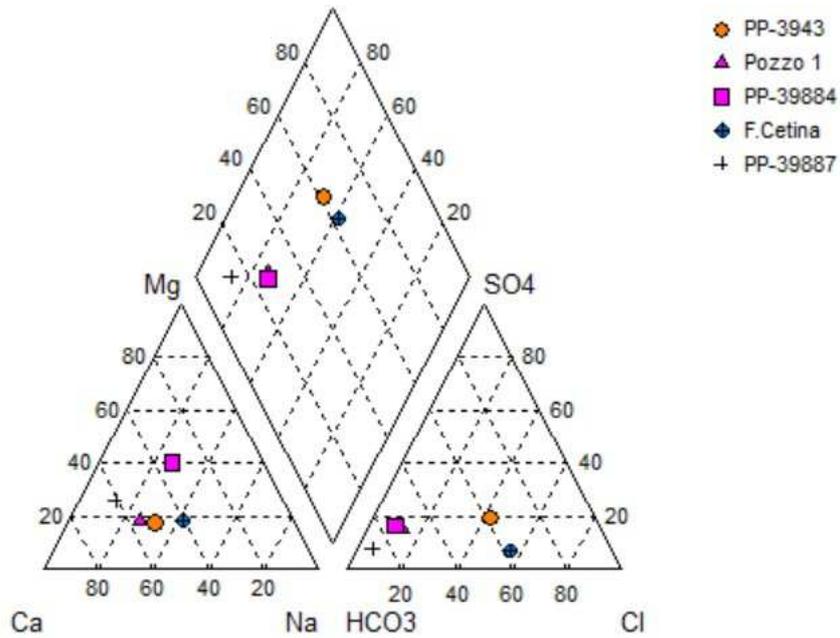
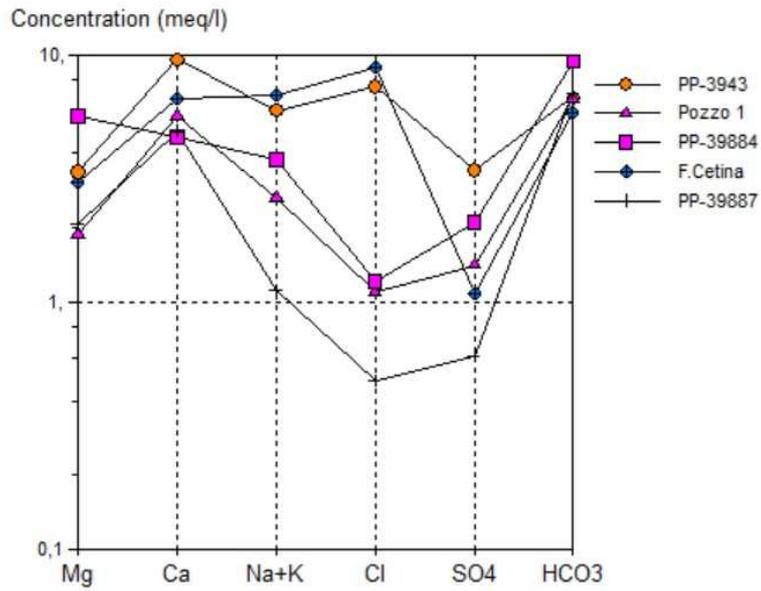


Figura 26 – Rappresentazione grafica su diagramma di Schoeller (sopra) e Piper (sotto) dei dati analitici.

sigla campione	Data	pH	cond el ($\mu\text{S/cm}$)	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Li ⁺ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	F ⁻ mg/l	Br ⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	CO ₃ ²⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	Bilancio ionico (% errore)
PP39884	22/06/2018	7.7	912	86.00	1.43	93.00	69.00	<0,005	1.43	43.50	0.60	<0,005	<0,005	573.59	assenti	101.00	80.00	0.3
PP39887	22/06/2018	7.5	759	25.30	0.91	97.50	25.70	<0,005	1.19	17.10	0.53	<0,005	0.02	424.70	assenti	29.10	3.10	0.0
PP3943	22/06/2018	7.6	1224	60.00	1.24	113.00	22.90	<0,005	0.89	39.40	0.56	<0,005	0.04	407.61	assenti	68.00	23.60	2.9
FOSSO DI CETINA	22/06/2018	7.1	1760	157.00	2.40	134.00	36.50	<0,005	1.01	316.00	<0,005	<0,005	0.06	358.80	assenti	52.00	10.40	1.6
POZZO1	22/06/2018	8.0	1610	137.00	1.20	192.00	41.40	<0,005	0.97	264.00	2.10	<0,005	0.46	410.05	assenti	165.00	7.20	3.4

Tabella 9 - Quadro di riepilogo delle analisi chimiche.

8. ASSISTENZA TECNICA DURANTE L'ESECUZIONE DI PROVE IDRAULICHE ED ELABORAZIONE DEI DATI

Al fine di definire i valori dei parametri idraulici degli acquiferi potenzialmente interessati dalle operazioni di scavo della galleria è stata prevista l'esecuzione di indagini sperimentali consistite in test di emungimento nel sistema acquifero potenzialmente interessato dall'esecuzione delle opere in galleria.

Il Pozzo 1 è stato realizzato a distruzione fino ad attestarsi a 75 m di profondità, circa 20 al di sotto del piano stradale di progetto. Il pozzo è stato fessurato nel tratto compreso tra 40 e 75 m dal piano campagna. A identica profondità e con stesso tratto fessurato sono stati realizzati i piezometri di controllo PZ1 e PZ2.

Dal punto di vista idrogeologico si è osservata la presenza di un acquifero con livello attestato circa 20 m sopra il piano stradale.

Nella Figura 27 viene riportata l'ubicazione di pozzo e piezometri.



Figura 27 - Stralcio planimetrico con ubicazione del pozzo di emungimento e dei piezometri di controllo.

Nella Tabella 10 sono riportate le caratteristiche geometriche di pozzi e piezometri interessati dalla prova.

Denominazione	coordinata Nord	coordinata Est	Diametro (pollici)	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m)	finestratura (m da pc)
Pozzo 1	1698006.853	4838586.503	4	187.63	75	40.00 - 75.00
Piezometro 1	1698017.068	4838589.963	2	187.35	75	40.00 - 75.00
Piezometro 2	1698003.130	4838601.473	2	185.10	75	40.00 - 75.00

Tabella 10 - Caratteristiche di pozzi e piezometri utilizzati nell'ambito delle prove di emungimento

Per quanto riguarda le problematiche di regimazione ed allontanamento dell'acqua emunta, si è individuata un'incisione naturale circa 150 m a Nord - Ovest del pozzo, nei pressi dell'imbocco lato Firenze della galleria autostradale esistente; tale incisione, piuttosto ripida, recapita le acque direttamente nell'Arno.

Per la misurazione dei livelli è stato predisposto un sistema composto da 3 acquisitori automatici di livello piezometrico muniti di data logger ed interrogabili via cavo. La calibrazione delle sonde di misura ed i successivi controlli del mantenimento della taratura sono stati svolti mediante sonda elettroacustica manuale.

8.1 Prova di emungimento a gradini

A seguito della predisposizione del pozzo di emungimento e dei piezometri di controllo è stato necessario eseguire una prova di portata a gradini finalizzata alla determinazione delle caratteristiche del complesso acquifero/opera di captazione e quindi a stabilire la portata di emungimento per il test di lunga durata.

La prova, eseguita il 14 giugno 2018, è consistita nell'emungimento di differenti "gradini di portata costante" di volta in volta crescenti, per la durata fissa di un'ora, misurando il corrispondente abbassamento nel tempo del livello piezometrico. La prova è avvenuta in assenza di precipitazioni, in contesto idrologico costante. La Figura 28 rappresenta l'allestimento per la prova; sulla tubazione di mandata in testa pozzo è stato installato un contatore per la misura in continuo della portata emunta; il corretto funzionamento del contatore è stato controllato sperimentalmente mediante l'esecuzione di misurazioni con metodo volumetrico allo scarico del tubo.

L'esecuzione della prova ha previsto quattro gradini con le seguenti portate:

- 0.24 l/s
- 0.57 l/s
- 0.96 l/s
- 1.67 l/s

Dopo l'arresto dell'emungimento è stata seguita la risalita per 6 ore per verificare la tendenza al ripristino delle condizioni idrometriche precedenti la prova.

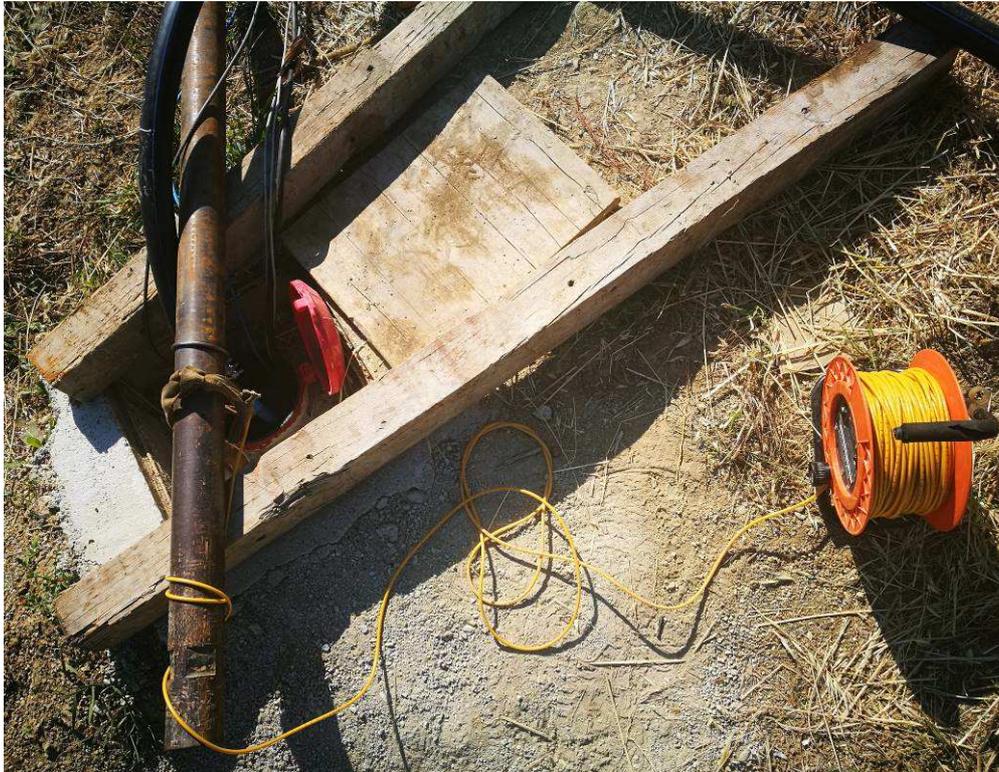


Figura 28 - Allestimento dell'impianto di pompaggio e della strumentazione di misura per la prova di emungimento a gradini sul pozzo.

Nella Figura 29 è riportato il grafico che rappresenta l'andamento portate / abbassamenti residuali nel pozzo di prova. Viene anche riportata la curva di risalita in emungimento che evidenzia il recupero quasi completo dei livelli iniziali nell'arco delle 4 ore di osservazione successive all'interruzione del pompaggio alla portata più elevata.

La prova evidenzia una certa disponibilità idrica dell'acquifero testato sostanzialmente in linea con gli apporti comunemente emungibili a queste profondità in acquiferi caratterizzati da litotipi calcareo marnosi del Monte Morello. Il primo gradino di 0.24 l/s è caratterizzato da abbassamenti relativamente contenuti e da pseudo stabilizzazione dei livelli nell'ambito dell'ora di emungimento; una certa stabilizzazione dei livelli si osserva anche per la portata di emungimento a 0.57 l/s con abbassamento complessivo di 3.53 m nell'ora di emungimento. Il successivo gradino di portata, a 0.96 l/s, evidenzia abbassamenti decisamente maggiori (8.75 m), mentre con l'ultimo gradino a 1.67 l/s il pozzo tende a prosciugarsi velocemente.

Nella Figura 30 e nella Figura 31 sono riportati gli andamenti idrometrici osservati durante il pompaggio rispettivamente sul Piezometro 1 e sul Piezometro 2. I due andamenti sono sensibilmente differenti; il Piezometro 2 rispecchia esattamente quanto osservato nel pozzo di emungimento, sono, infatti, riconoscibili tutti i 4 gradini di portata e l'abbassamento complessivo di 7.51 m risulta decisamente più elevato di quello osservabile nel Piezometro 1 (1.36 m). Appare quindi evidente l'anisotropia dell'acquifero testato che determina risposte molto differenti del cono di depressione piezometrica a distanze sostanzialmente confrontabili dal punto di emungimento.

Nella Figura 32 viene rappresentata la portata in relazione agli abbassamenti. Tra il secondo ed il terzo gradino di portata si è osservato il netto cambio di pendenza e l'andamento "a spezzata" della retta portata - abbassamento ed il pozzo che entra in crisi.

In base a quanto emerso dall'analisi dei dati si è deciso di impostare una portata di emungimento per la prova di lunga durata non superiore a 0.5 l/s al fine di limitare a meno del 30% della potenza dell'acquifero l'abbassamento nel corso della prova.

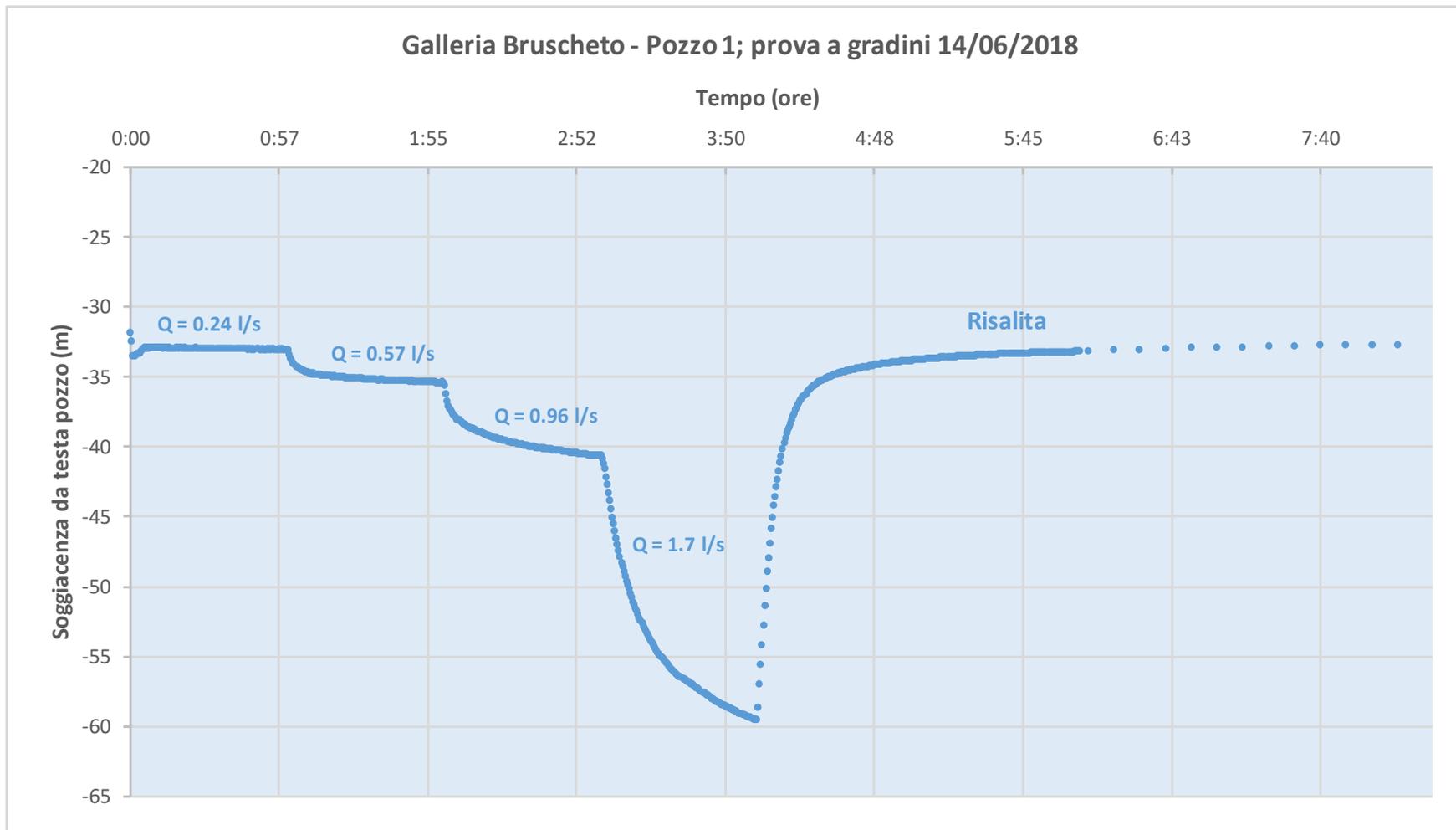


Figura 29 - Andamento portate/abbassamenti residuali e curva di risalita relativamente alla prova eseguita a gradini eseguita il 14 giugno 2018.

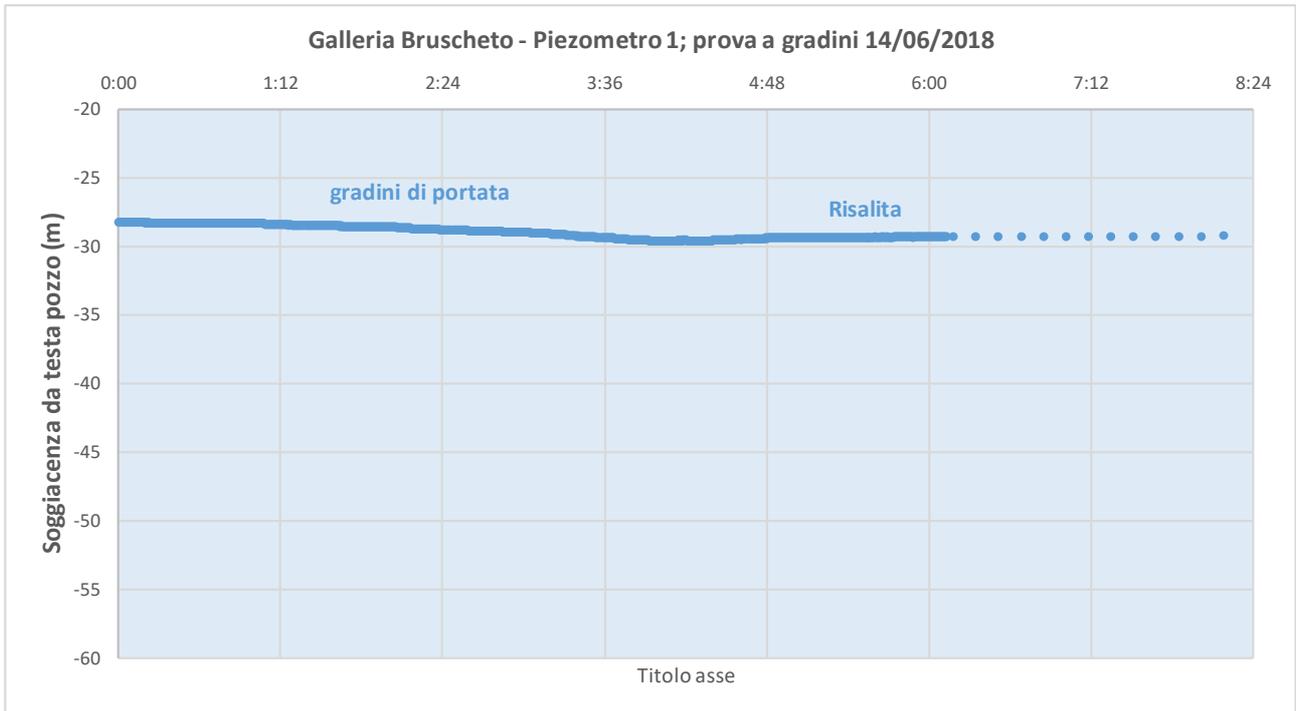


Figura 30 - Andamento portate/abbassamenti residuali e curva di risalita relativamente agli effetti osservati in corrispondenza del piezometro 1.

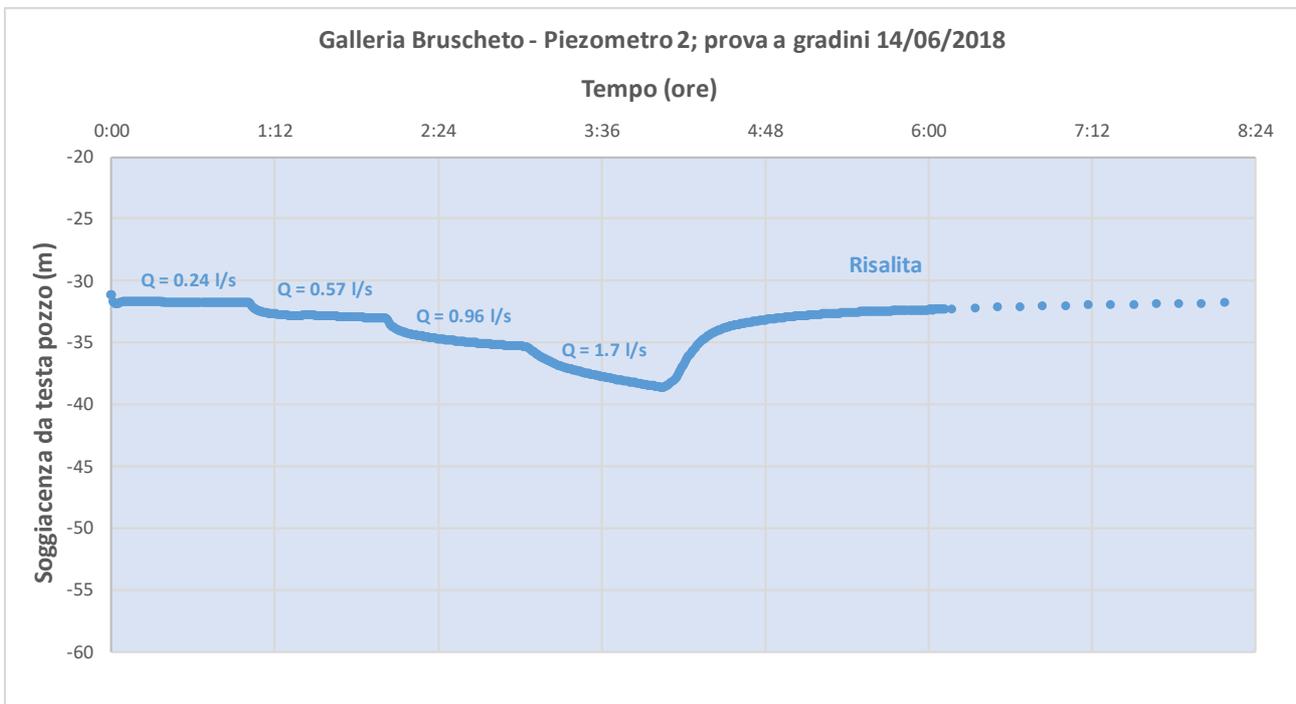


Figura 31 - Andamento portate/abbassamenti residuali e curva di risalita relativamente agli effetti osservati in corrispondenza del piezometro 2.

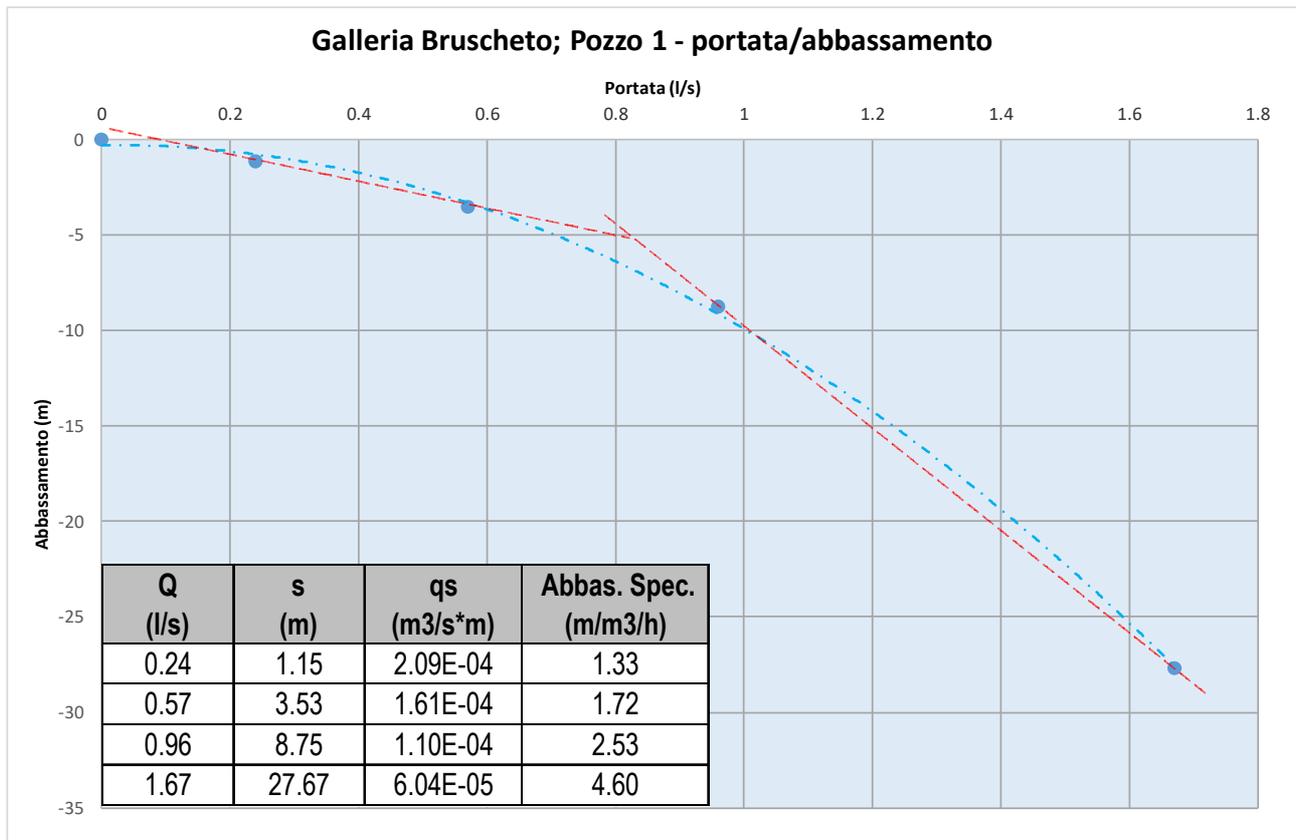


Figura 32 - Portata in relazione agli abbassamenti. Nella tabella sono presentati i valori di portata emunta (Q) l'abbassamento (s), la portata specifica (qs) e l'abbassamento specifico.

8.2 Prova di emungimento di lunga durata (72 ore)

La prova di lunga durata è stata eseguita tra il 18 ed il 22 giugno 2018. Dal punto di vista pratico l'acquisizione dei dati e lo smaltimento delle acque di emungimento è avvenuto in maniera analoga a quanto eseguito per la prova a gradini (Figura 33, Figura 34, Figura 35 e Figura 36).



Figura 33 - Allestimento per la prova di emungimento di lunga durata (72 ore) sul pozzo; sul tubo di mandata è riconoscibile il contatore per il controllo della portata in emungimento.



Figura 34 - Allestimento per controllo notturno della prova di emungimento di lunga durata a sinistra dell'immagine è riconoscibile il gruppo elettrogeno per l'alimentazione dell'elettropompa sommersa.



Figura 35 – Dettaglio del contatore per la misura della portata (immagine a sinistra); nell'immagine a destra è riconoscibile il tubo di allontanamento delle acque emunte che confluisce in un'incisione.



Figura 36 – Piezometro 1 (immagine a sinistra) e Piezometro 2 (immagine a destra).

In fase iniziale della prova è stata impostata la portata di pompaggio a 0.45 l/s ed è stata mantenuta costante per tutta l'esecuzione della prova, provvedendo a controllare periodicamente il dato sia per mezzo del contatore che di misure sperimentali eseguite con metodo volumetrico.

Nella Figura 37 viene riportato il grafico degli andamenti idrometrici nel corso della prova in abbassamento e in risalita dopo l'arresto del pompaggio protratto per 72 ore. L'abbassamento è risultato di 10.06 (soggiacenza a 43.06 m) rispetto al livello iniziale di 33.01 m. Allo stacco della pompa la risalita è stata rapida nel tratto iniziale,

quindi è proseguita più lentamente ed ha recuperato l'84% dell'abbassamento iniziale dopo 19 ore dallo spegnimento del pompaggio.

Nella Figura 38 e nella Figura 39 sono riportati gli andamenti della soggiacenza rilevata in corrispondenza rispettivamente dei piezometri 1 e 2. Come già osservato nel corso della prova a gradini i due piezometri hanno risposto all'emungimento in maniera differente; sul piezometro 1, ubicato a 10.74 m dal pozzo, quindi più vicino del Piezometro 2, a conclusione delle 72 ore di emungimento si è osservato un abbassamento di 2.71 m; sul Piezometro 2, leggermente più distante, ma, evidentemente collegato al pozzo da fratturazione più continuativa, l'abbassamento complessivo è risultato di 6.49 m.

Su entrambi i piezometri si è osservato il recupero del livello idrometrico che, in termini percentuali, è risultato abbastanza simile, essendo pari, dopo 19 ore di risalita, al 91% per Piezometro 1 e al 93% per Piezometro 2.

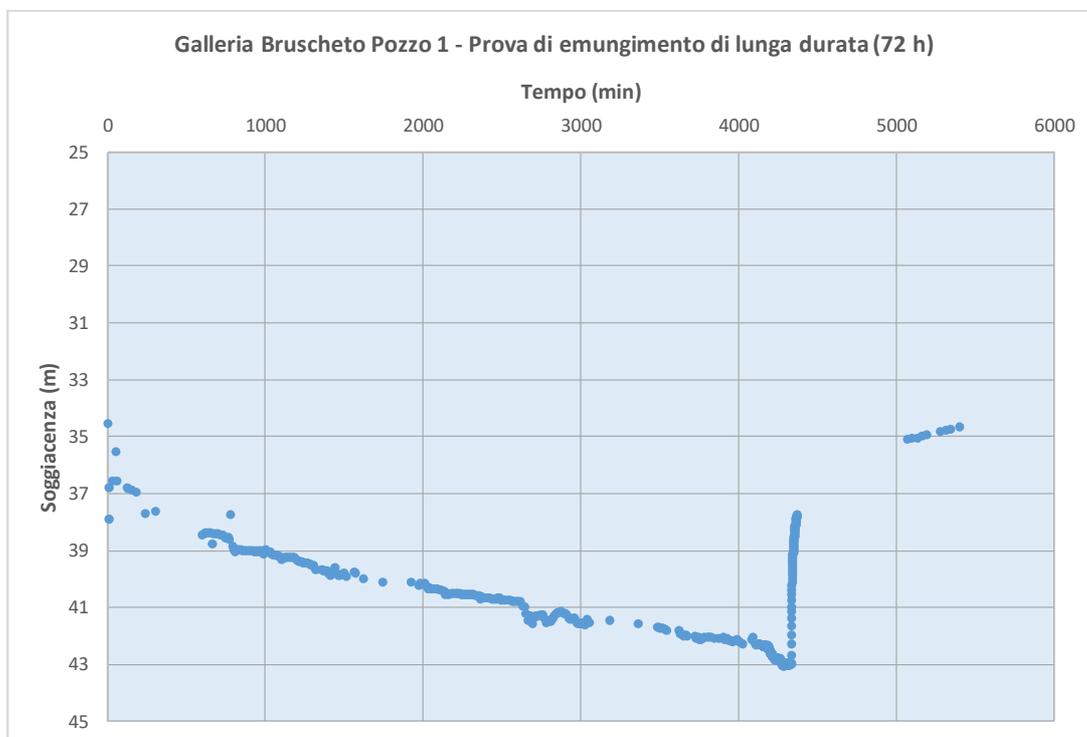


Figura 37 - Andamento della soggiacenza sul Pozzo 1 nel corso della prova di emungimento e in fase di risalita dopo l'interruzione del pompaggio.

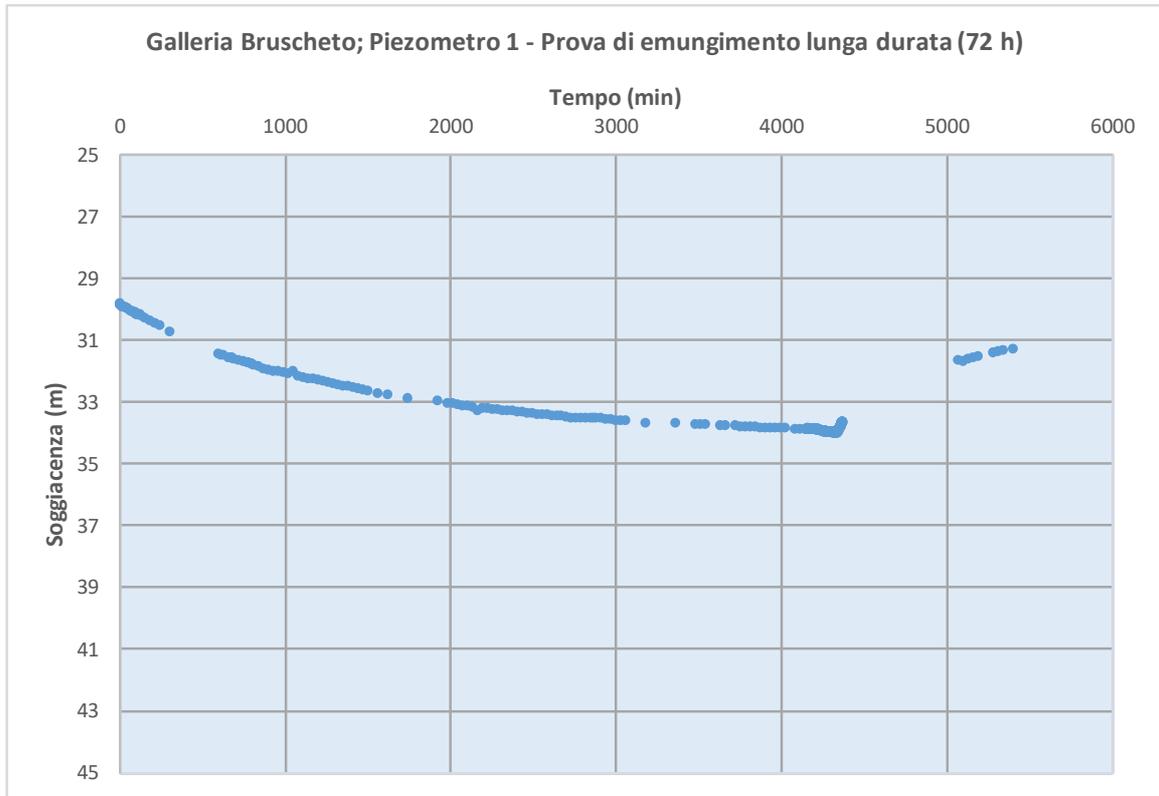


Figura 38 - Andamento della soggiacenza sul piezometro 1, distante 10.74 m dal pompaggio in Pozzo 1.

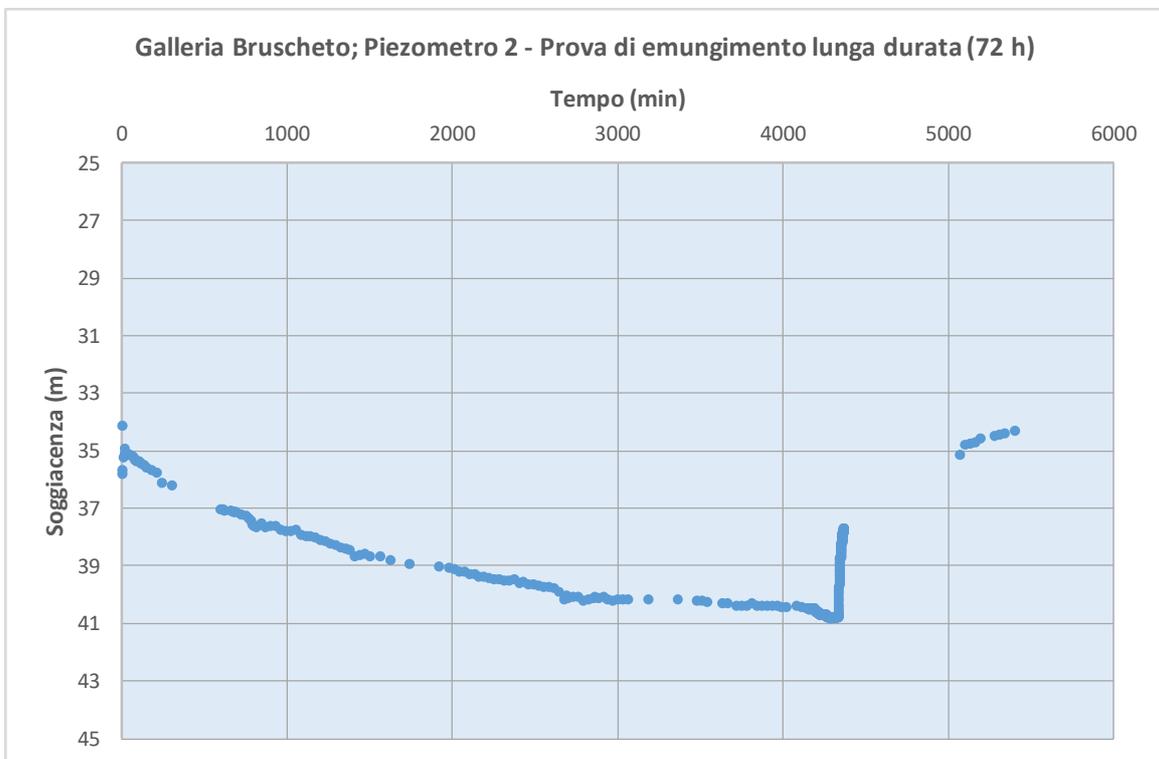


Figura 39 - Andamento della soggiacenza sul Piezometro 2, distante 15.42 m dal pompaggio in Pozzo 1.

La differenza degli andamenti idrometrici riscontrati sui piezometri di controllo evidenzia anisotropia del sistema di fratturazione in cui si sviluppa l'acquifero indagato.

L'interpretazione della prova viene eseguita per via grafica (Figura 41) dove vengono riportati i dati della prova di pompaggio; la profondità dei livelli d'acqua viene espressa in metri e i tempi di pompaggio in secondi, ma in scala logaritmica. I dati hanno permesso di tracciare per le fasi di emungimento iniziali una retta rappresentativa di pendenza $c=0.5$ m (valutata su Piezometro 1). Tuttavia, dopo neanche 3 ore di pompaggio gli abbassamenti aumentano sensibilmente per allinearsi secondo una retta rappresentativa di pendenza $c = 3.09 - 3.15$ in base ai dati rilevati sul Pozzo e sul Piezometro 2. Nella Tabella inserita in Figura 41 sono riportati i valori di trasmissività e del coefficiente di immagazzinamento "s" riferiti ai valori di pendenza riscontrati nel periodo di pompaggio circa compreso tra 3 e 28 ore ed interpretati come acquifero illimitato mediante l'espressione di approssimazione logaritmica di C.E.Jacob 1950.

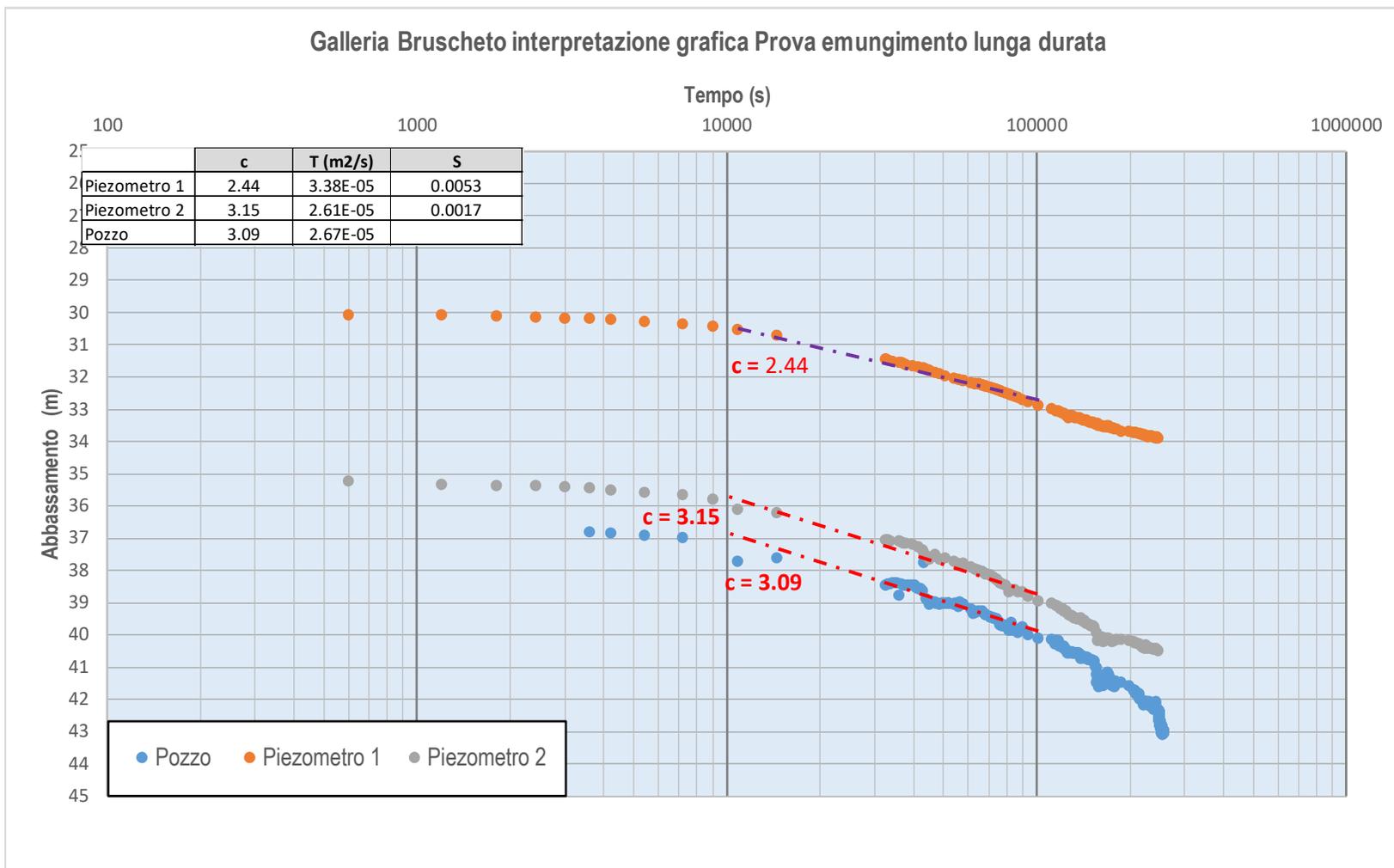
L'allineamento dei punti di misura della prova rappresenta una linea spezzata con netto incremento della pendenza; tale geometria suggerisce l'ipotesi della presenza di un livello più produttivo che viene presto esaurito, mentre il resto della prova si mantiene su una pendenza costante, fatta eccezione per i dati rilevati sul pozzo in prossimità alla conclusione prova dove sembra verificarsi un ulteriore netto incremento della pendenza in questo caso per un possibile limite laterale dell'acquifero interessato dalla prova.

Sulla base dei dati elaborati in corrispondenza del Piezometro 2 e del Pozzo 1 è stata calcolata una Trasmissività di $2.6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. La perforazione del pozzo 1 ha interessato la falda idrica per circa 35 m, in questo intervallo sulla base dei valori di RQD, sono stati individuati livelli maggiormente tettonizzati in cui si concentra la circolazione idrica principale per uno spessore complessivo di circa 17 m. In relazione alla trasmissività dell'acquifero valutata con la prova, la stima della conducibilità idraulica degli intervalli più fratturati equivale a $1.5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$. Tale dato risulterebbe confrontabile con quanto osservato sperimentalmente da Agnelli et alii 1999 nei livelli fratturati della Formazione di Monte Morello, lungo il tunnel ferroviario appenninico Alta Velocità Bologna – Firenze i cui dati vengono riportati nella Figura 40 tratta da Doni e Rossi 2007.

DATI TECNICI DELLA FORMAZIONE DI MONTE MORELLO	
parametri idrogeologici	<u>Prove Lugeon</u> K= $1+3 \cdot 10^{-7}$ m/s (profondità < 100 m) K= $1+3 \cdot 10^{-8}$ m/s (profondità > 100 m) (Ribacchi et alii, 2002)
	<u>Dati geostatistici</u> K= $1,1 \cdot 10^{-5}$ m/s (condizioni superficiali dati ARPAT)
	<u>Prove di portata</u> K= $1,1 \cdot 10^{-6} + 2,5 \cdot 10^{-5}$ m/s T= $1,0 \cdot 10^{-5} + 2,6 \cdot 10^{-3}$ m/s (Agnelli et alii, 1999)
Caratteristiche litotecniche	Rapporto tra litologia a maggior resistenza C (calcari, calcari marnosi) / litologia più debole P (marne e siltiti). Sequenze prevalentemente calcaree: C/P ≥ 1 CaCO ₃ = 80-94% Sequenze prevalentemente marnose: C/P ≤ 1 CaCO ₃ = 70-80%
Caratteristiche geomeccaniche	RQD = 45+80% RMR= 40+60 Q= 1,25+2,96 GSI= 36+51

Figura 40 – Dati sperimentali relativi alla Formazione di Monte Morello attraversata dalle gallerie sulla linea Alta Velocità Bologna - Firenze (Doni e Rossi, 2007).

Figura 41 - Interpretazione grafica della prova di pompaggio sul pozzo 1 e sui piezometri 1 e 2.



9. MODELLO NUMERICO DI IDROLOGIA SOTTERRANEA

9.1 Modello di calcolo utilizzato

Le modellizzazioni si sono basate sul noto codice FEFLOW (DHI-WASY), tridimensionale con discretizzazione agli elementi finiti.

FEFLOW (Finite Element subsurface FLOW system) è uno dei più sofisticati codici numerici ad oggi disponibili per la modellazione dei processi di flusso e trasporto in mezzi porosi e fratturati, in condizioni sia sature che insature. Tale ambiente di simulazione presenta funzionalità avanzate che lo collocano tra gli standard maggiormente accreditati per le simulazioni delle acque sotterranee.

Rimandando in particolare per il dettaglio alla letteratura tecnica disponibile, si riportano le seguenti caratteristiche generali del modello, nella release attuale (FEFLOW 7.0, 2016):

- discretizzazione con mesh tridimensionale agli elementi finiti, triangolari o quadrangolari;
- simulazione in zona satura ed in zona non satura;
- simulazione in mezzi porosi e fratturati, con possibilità di assegnazione differenziata delle 3 componenti vettoriali dell'ellissoide di conducibilità idraulica;
- simulazione di elementi discreti (pozzi, fratture, tubazioni, condotti carsici, ecc.) con approccio idraulico alla Manning-Strichler all'interno del sistema di flusso per filtrazione.
- simulazione di trasporto con fluidi di densità diverse per temperatura o concentrazione salina, flusso "density dependent";
- flusso e trasporto di fluidi a viscosità variabile;
- simulazione dei processi di trasporto degli inquinanti, con integrazione di un'estesa tipologia di reazioni chimiche e meccanismi di degradazione;
- simulazione del flusso di calore, per conduzione, convezione, trasporto; simulazione di scambiatori di calore e sonde geotermiche.

Utilizzando gli strumenti in ambiente FEFLOW, tutte le strutture in sottterraneo (gallerie, pozzi, diaframmi, setti impermeabili, trincee drenanti, ecc.) sono inseribili come elementi vincolanti di costruzione della "mesh" di calcolo ("supermesh elements"). Pertanto, la griglia agli elementi finiti viene costruita sulla base della geometria reale degli elementi geometrici e di modello concettuale da inserire, e non sulla base di approssimazioni e schematizzazioni. Analogamente la geometria degli strati e dei livelli a differente conducibilità idraulica, dove distinguibili, viene inserita tra gli elementi vincolanti per la costruzione della "mesh" consentendo la rappresentazione dell'andamento stratigrafico in assoluto aderente con il modello concettuale.

9.2 Area di modello e griglia di calcolo

Il modello numerico di flusso è stato realizzato sulla base di una schematizzazione tridimensionale. Per lo specifico dominio di simulazione, non è definibile una base dell'acquifero, che non si identifica con un limite geologico continuo rilevabile dai sondaggi.

Pertanto, è stata convenzionalmente inserita la base dell'acquifero a una profondità costante pari a 125 m da p.c., nello scenario di una riduzione progressiva dell'apertura delle fratture con la profondità, come di norma osservato al di fuori delle lineazioni strutturali principali. La scelta, del tutto convenzionale, è in ogni caso

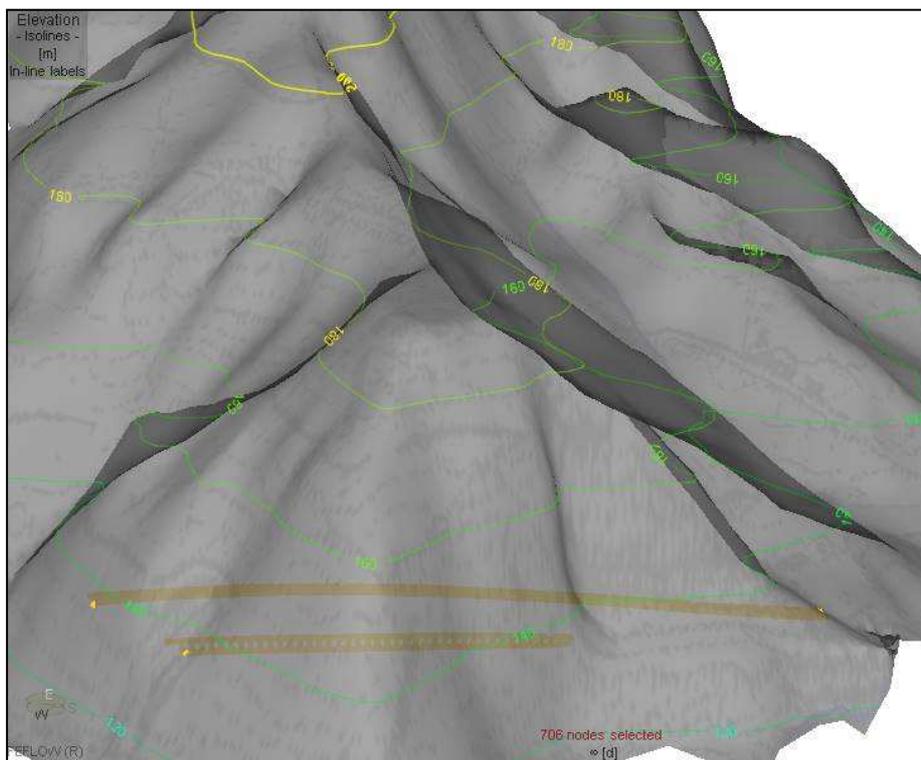


Figura 43 – Modello tridimensionale con inserimento delle gallerie (esistente e in progetto).

9.3 Piezometrie di riferimento (condizioni iniziali e di calibrazione)

Il modello è stato calibrato in riferimento alla condizione “statica” della configurazione di stato attuale, relativa alla piezometria misurata in data 18/04/2019 scelta come la campagna di misure disponibili con il maggior numero di piezometri / pozzi misurati nell’area oggetto di studio.

La condizione piezometrica di riferimento, da interpolazione dei dati sperimentali, è riportata nella Figura 44, da cui, fermo restando i limiti di un approccio a falda continua in un acquifero fratturato, si osserva quanto segue:

- direzione di flusso sotterraneo da N-NE verso W-SW;
- gradiente piezometrico fortemente variabile, con minimo nel settore W del sito (monte idrogeologico), e significativo incremento nel settore opposto, con andamento approssimativo E-W;
- quote piezometriche variabili da 188 m circa a 103 m s.l.m., con un gradiente elevato, $I \sim 0.1$; condizioni prossime alla soggiacenza nulla sono identificabili lungo i confini Nord, Sud ed Ovest dell’area del modello in corrispondenza dei corsi d’acqua (F. Arno e incisioni secondarie laterali).

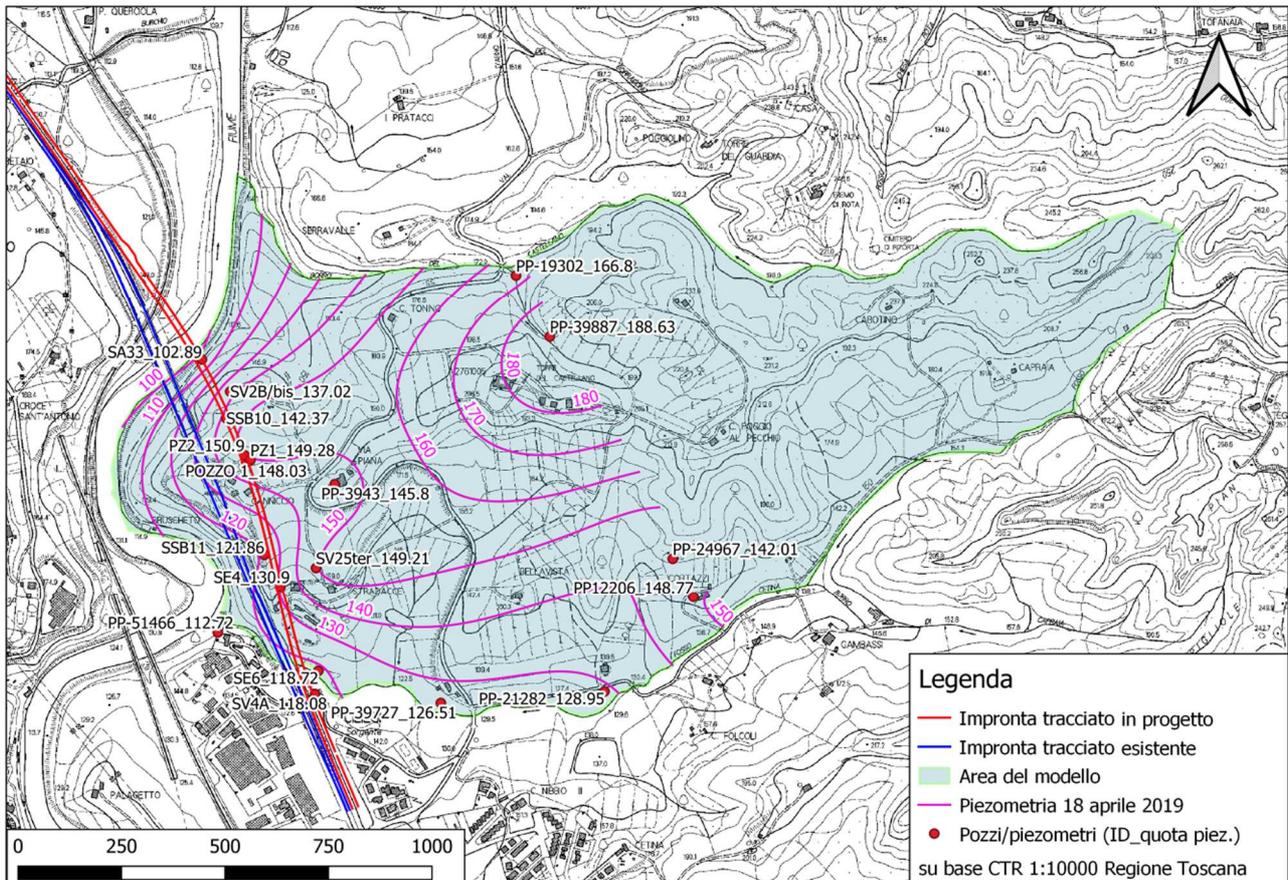


Figura 44 - Piezometria sperimentale (18/04/2019).

9.4 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno del modello (Figura 45) sono costituite da:

- Hydraulic Head (carico imposto) al limite W del modello (valle idrogeologico) in corrispondenza della sponda destra dell'Arno;
- Fluid Transfer in corrispondenza delle incisioni del Borro del Castellano (a Nord) e Fosso di Cetina (a Sud);

I limiti laterali dell'area di modello (Nord, Sud) sono stati tracciati approssimativamente lungo linee di flusso ovvero ortogonali alle incisioni naturali riconoscibili dall'andamento altimetrico del terreno. A Nord-Est è stato tracciato il limite idrogeologico di monte del modello, a cui corrisponde la linea dello spartiacque idrologico-idrogeologico, non assegnando al modello alcuna condizione al contorno ovvero imponendo un vincolo di no-flow (assenza di flusso in ingresso/uscita dal modello).

Riguardo alle suindicate condizioni al contorno, con riferimento alla successiva Figura 45, va rilevato quanto segue:

- la condizione al contorno di carico, Hydraulic Head BC, è assegnata al corso dell'Arno, livello di base della circolazione sotterranea in uscita dal modello, e rappresenta l'unica condizione piezometrica vincolante del modello;

- La condizione di fluid-transfer assegnata ai corsi laterali, associata ad un constraint di flusso che consente di calcolare il massimo leakage, non rappresenta una condizione di vincolo della quota piezometrica, ma consente un flusso di interscambio con il modello in ingresso o in uscita.

In altri termini la piezometrica ai limiti di fluid transfer è libera di fluttuare in funzione dell'interscambio da/verso il modello e non rappresenta, a differenza della condizione al contorno Head BC, una condizione "rigida" nella definizione del carico piezometrico.

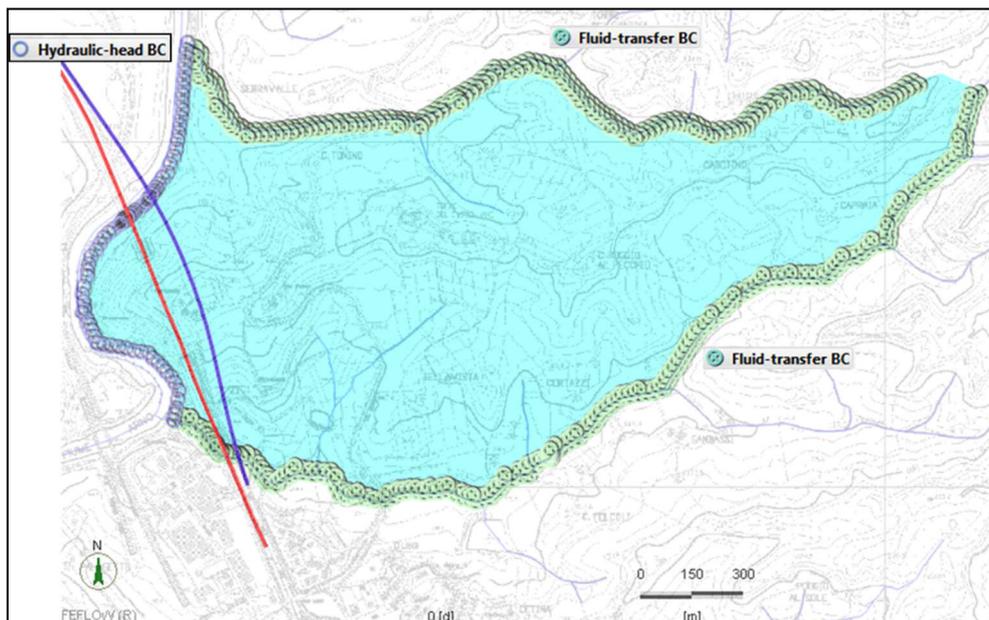


Figura 45 – Condizioni al contorno del modello di flusso

A seconda della configurazione rappresentata (scenario attuale, scenario post operam) è stata imposta una condizione di "free outflow" dal modello idraulico, attraverso l'attribuzione della condizione al contorno di "seepage face". Tale condizione al contorno rappresenta in FEFLOW una condizione di pressione pari alla quota del nodo di modello, associata a un "constraint" di flusso che consente la sola uscita del flusso dal modello:

- nella condizione attuale solo ai nodi della galleria esistente alla quota del piano viabile per lo stato attuale;
- per entrambe le gallerie alla rispettiva quota piano viabile per lo stato di progetto.

9.5 Campo di conducibilità idraulica

Il campo di trasmissività/conducibilità idraulica è stato inizialmente definito sulla base dei risultati delle indagini sperimentali di cui ai precedenti paragrafi 6.2 e 8.2, a cui si rimanda. Tali evidenze hanno condotto alla stima iniziale di un valore iniziale di conducibilità idraulica iniziale K pari a $1E-6$ m/s, successivamente affinato tramite l'attività di calibrazione del modello, come nel seguito descritto.

9.6 Calibrazione del modello

La calibrazione del modello è stata effettuata, in regime stazionario, in riferimento al parametro di conducibilità idraulica K. Le disomogeneità nel campo piezometrico e la natura caratteristica di un acquifero fratturato sono compatibili con rilevanti variazioni locali del parametro di taratura. Pertanto, la calibrazione è stata eseguita in due fasi distinte e conseguenti:

- inizialmente, a parametri costanti, mantenendo un unico valore di K per l'intero dominio di simulazione, fino a determinare il minimo valore del differenziale tra carichi idraulici misurati (sopraccitata campagna 18/04/2019) e calcolati, compatibile con la calibrazione a campo di conducibilità idraulica costante;
- a seguire, una calibrazione con iterazioni automatiche utilizzando il noto codice di calcolo PEST di autocalibrazione, interfacciato a FEFLOW via plugin applicando la tecnica cosiddetta dei "Pilot Points".

PEST (Non linear **P**arameter **E**stimation) è un codice di calcolo che permette di minimizzare l'errore statistico. Lo scopo del codice è quello di minimizzare la funzione obiettivo, definita dalla sommatoria dello scarto quadratico medio tra valori osservati e simulati, e in particolare, inserendo il "peso" relativo w assegnato dall'utente in base all'attendibilità delle osservazioni, alla funzione $\Phi = \sum (w_i r_i)^2$.

Durante il processo di calibrazione PEST monitora l'andamento della funzione obiettivo verificando la sua decrescita. In un ambiente come detto fortemente eterogeneo come quello in esame, il software permette di stimare i parametri di calibrazione in corrispondenza di un certo numero di punti (pilot points) all'interno del modello e i valori ottenuti sono quindi interpolati (kriging) per estendere la stima fatta alle restanti porzioni del dominio.

Nell'utilizzo di PEST è possibile inserire un campo iniziale del parametro di calibrazione, e valori massimi di scostamento, anche variabili localmente, dal valore iniziale. E' così possibile mantenere il modello maggiormente vincolato ai parametri iniziali di calibrazione dove questi abbiano maggiore attendibilità.

Nel caso specifico è stato attribuito un valore iniziale di conducibilità costante per l'intera area del modello, come da punto precedente.

La calibrazione è stata eseguita in riferimento al campo piezometrico nella configurazione di stato attuale della campagna di misura del 18/04/2019, verificando la rispondenza del modello sulla base dei relativi livelli.

In Figura 46 è riportato il differenziale tra quote piezometriche calcolate e misurate in corrispondenza dei punti di monitoraggio. Il diagramma a barre rappresenta graficamente il medesimo valore. La barra di colore verde rappresenta un valore relativo di riferimento, funzionale alla visualizzazione dei differenziali, pari a 10 m. In Figura 47 è riportato il diagramma cartesiano ("scatter plot") di confronto tra i medesimi valori misurati e osservati con rappresentato, a cavallo della linea di correlazione, il medesimo intervallo di riferimento di 10 m e la posizione interna (punti in nero) o esterna (punti in rosso) dei punti nel diagramma rispetto all'intervallo di riferimento stesso.

Dall'osservazione delle figure si può notare come la differenza calcolato/misurato sia ovunque entro il valore intervallo di riferimento, con l'eccezione del punto SSB11 che risulta possedere dei valori di quota piezometrica anomali essendo in contrasto con quelli misurati dai piezometri limitrofi o incoerenti con la caratterizzazione morfologica del territorio. Per tale specifico punto SSB11, significativo in quanto in asse nuova galleria, il differenziale di errore è a favore dei livelli calcolati dal modello rispetto ai carichi misurati, ovvero cautelativo in riferimento a una maggiore pressione e altezza d'acqua sull'opera in progetto.

L'errore medio (Figura 47) è di circa 5.0 m, con valori significativamente inferiori dello stesso per i punti di calibrazione in asse gallerie. Tale errore si può ritenere accettabile in un contesto di acquifero fratturato, con

elevati valori del gradiente idraulico. A riguardo si può notare come le differenze superiori al riferimento di calibrazione (SSB11) si riscontrano in punti localizzati in prossimità di ulteriori piezometri con taratura ottimale, evidenziando eterogeneità tipiche di un acquifero fratturato, in cui risulta comunque un'approssimazione lo scenario di una permeabilità continua (modello poroso equivalente).

In Figura 46 è riportato il campo finale di conducibilità calcolato dal modello in raffronto con i dati puntuali derivanti dalla piezometria.

Si osserva un campo di valori significativamente eterogeneo, come caratteristico in particolare di complessi permeabili per fessurazione come l'acquifero in esame. Si fa notare come in fase di calibrazione sia stato imposto al modello un campo di conducibilità idraulica $1E-7 \div 5E-6$ m/s, per coerenza con il campo sperimentale di conducibilità idraulica.

Con riferimento a tali considerazioni si ritiene attendibile la calibrazione, validata dalla verifica oggetto dello studio.

Il bilancio idrico del modello nella condizione di taratura è riportato rispettivamente in Figura 48.

Con barre verdi (segno +) sono indicati i volumi in ingresso al modello, con barre rosse (segno -) i volumi in uscita. L'errore di bilancio (voce "imbalance") risulta trascurabile, evidenziando l'attendibilità del modello in termini di stabilità del calcolo numerico.

La voce "distributed source-sink" rappresenta l'infiltrazione diretta da p.c. / top del modello.

La voce "Dirichlet BC" riporta il bilancio per la condizione di carico (Head BC), con i deflussi dal limite SW verso il F.Arno. La voce "Cauchy BC" è relativa alla condizione di "Fluid Transfer" ovvero al leakage da e verso i corsi d'acqua perimetrali all'area Nord e Sud.

Per quest'ultimo si riscontra una condizione di prevalente dispersione (alimentazione del modello) dal limite settentrionale, con larga prevalenza dei volumi in ingresso (segno +) ed una condizione opposta sul limite meridionale con la prevalente alimentazione (deflusso dal modello). In termini complessivi il bilancio lungo la rete minore / condizione "Dirichlet BC" è a favore della condizione di dispersione dalla rete stessa verso il modello.

In Figura 48 è riportato il bilancio di fluido riferito ai soli nodi relativi alle gallerie esistenti. E' calcolato dal modello un contributo di drenaggio in assoluto molto basso (nello specifico il valore indicativo di 0.23 l/s) coerente con quanto osservabile in sito.

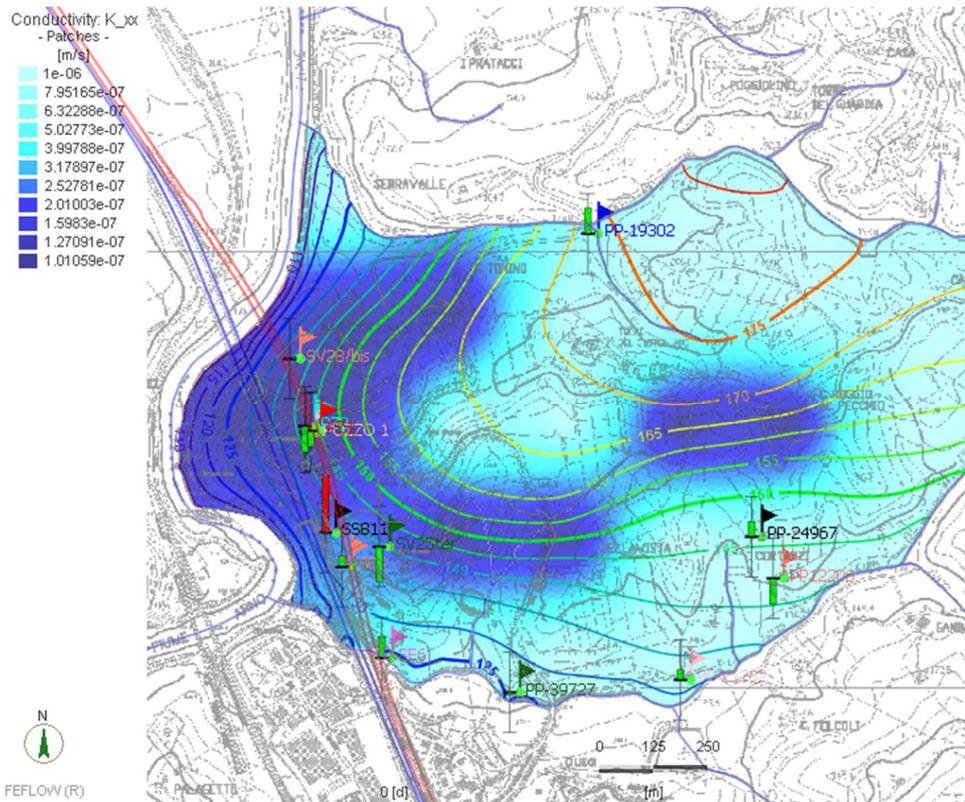


Figura 46 – Campo della conducibilità (K, m/s) e differenziale quota piezometrica simulata-osservata (calibrazione)

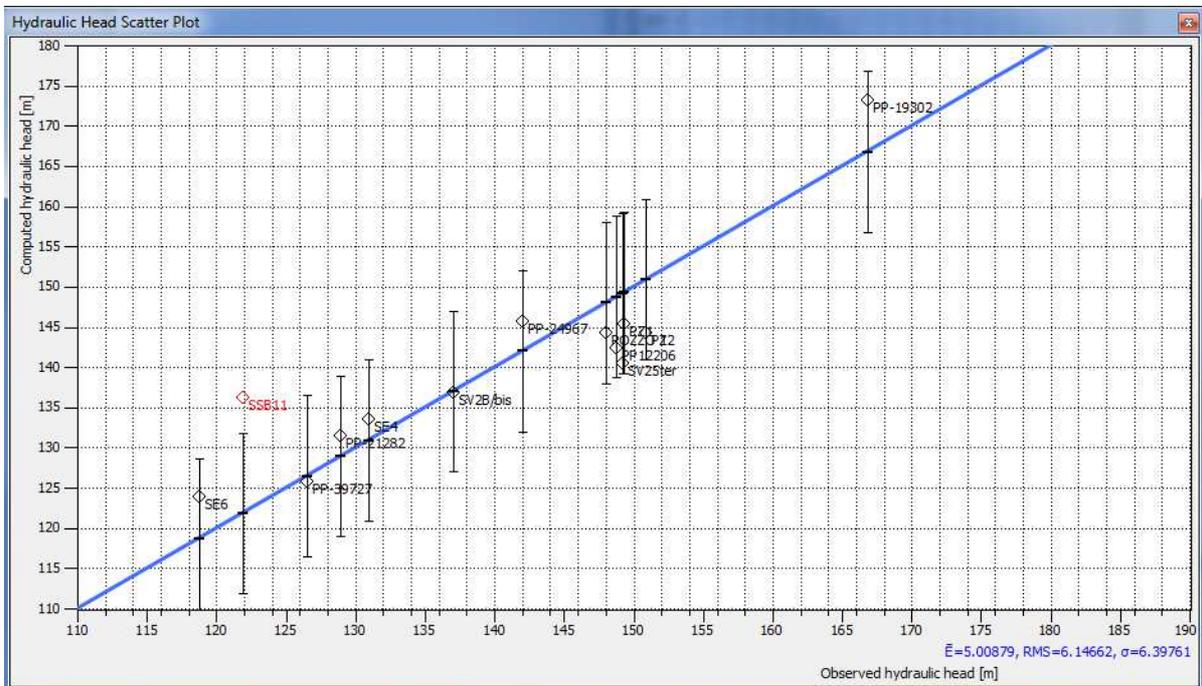
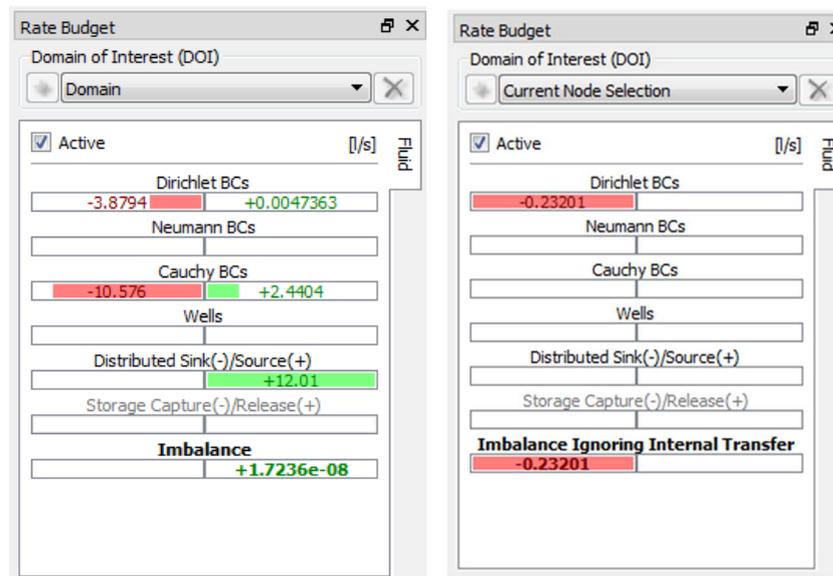


Figura 47 – Scatter plot, diagramma di confronto tra quota piezometrica osservata/simulata



a: complessivo (intero dominio); b: riferito ai soli nodi delle gallerie esistenti.

Figura 48 a, b – Bilancio di fluido (Fluid Rate Budget)

9.7 Simulazione della condizione di progetto

A partire dal modello calibrato sulla base della piezometria di riferimento (aprile 2019) la condizione postoperam, come precedentemente dettagliato, è stata simulata con l'applicazione della condizione "seepage face" ("free outflow") ai nodi di modello alla quota piano viabile della galleria.

Per valutare l'effetto dell'inserimento della galleria in progetto, nella successiva Figura 49 sono state rappresentate le differenze tra la quota piezometrica anteoperam (stato attuale) e postoperam (stato di progetto) calcolata in riferimento a tutti i nodi del modello. Si può notare come a fronte della realizzazione della nuova opera l'abbattimento massimo della piezometrica sia dell'ordine di 9 m e posizionato nel settore centrale a massima copertura, in asse galleria.

La distanza massima di influenza sulla falda ante operam è di circa 1 km verso monte idrogeologico.

In riferimento alle portate di drenaggio in galleria, sono stati valutati due differenti scenari:

- a - l'inserimento della galleria in progetto sul modello nella condizione di calibrazione (piezometria ante operam aprile 2019);
- b - l'inserimento della galleria stessa su modello con fitting dei livelli massimi misurati in asse galleria nelle diverse campagne di misura realizzate.

Il secondo scenario (b) è stato realizzato simulando, con modello in regime transitorio, un temporaneo incremento dell'infiltrazione verticale corrispondente a livelli riscontrabili in periodo di ricarica.

I relativi bilanci di modello, sono riportati nella successiva Figura 50, per gli scenari a, b, con valori calcolati dal modello stesso fino all'ordine dimensionale di circa 3 l/s.

Si sottolinea come, in particolare nel caso di un acquifero fratturato, la valutazione in dettaglio delle portate di drenaggio rappresenti, al netto dell'utilizzo esperto delle migliori tecnologie disponibili, un elemento con significativi margini di aleatorietà correlate alla necessità di utilizzare semplificazioni della realtà fisica, e in particolare il modello concettuale omogeneo / poroso equivalente ed a campo piezometrico continuo. Peraltro, la valutazione da modello del drenaggio in galleria risulta congruente con quella effettuata sulla base del metodo semplificato di Heuer (rif. precedente par. 6.2), di norma cautelativo in quanto dipendente dal solo carico idraulico e permeabilità in galleria, non vincolato cioè a effettiva disponibilità (regime di ricarica) da bilancio idrogeologico. Si sottolinea peraltro come non possano essere esclusi picchi temporanei, in funzione di condizioni di deflusso localizzate entro sistemi beanti di fratture, non segnalate dalle indagini di superficie ma eventualmente rinvenibili in fase di avanzamento.

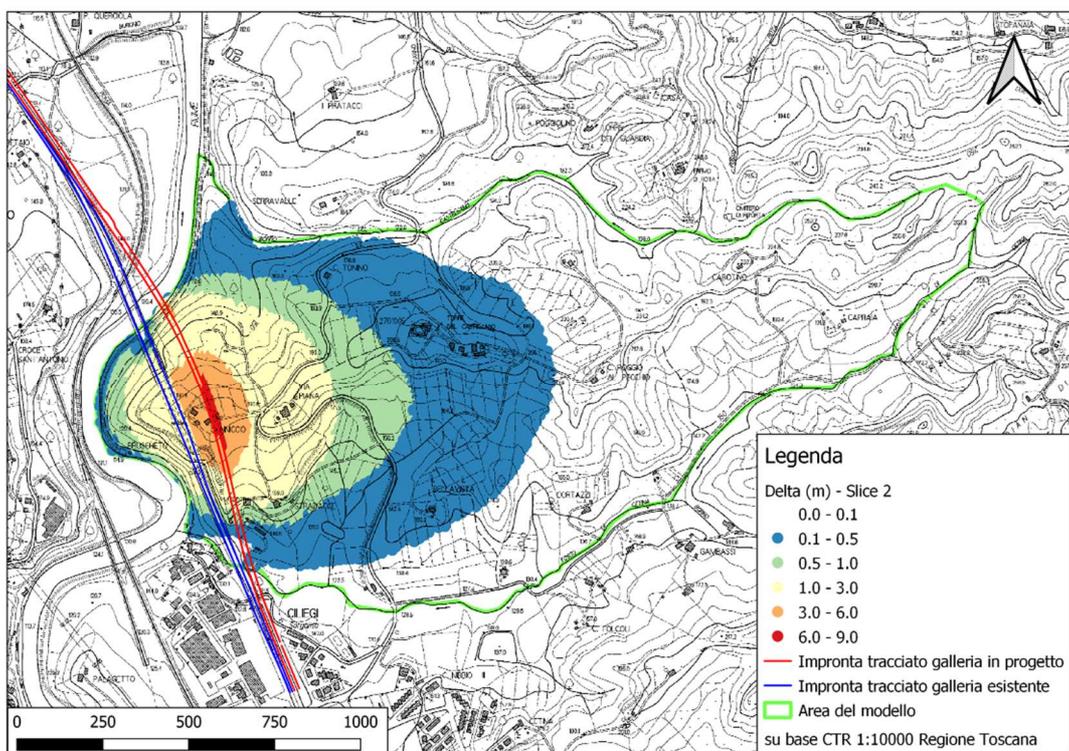
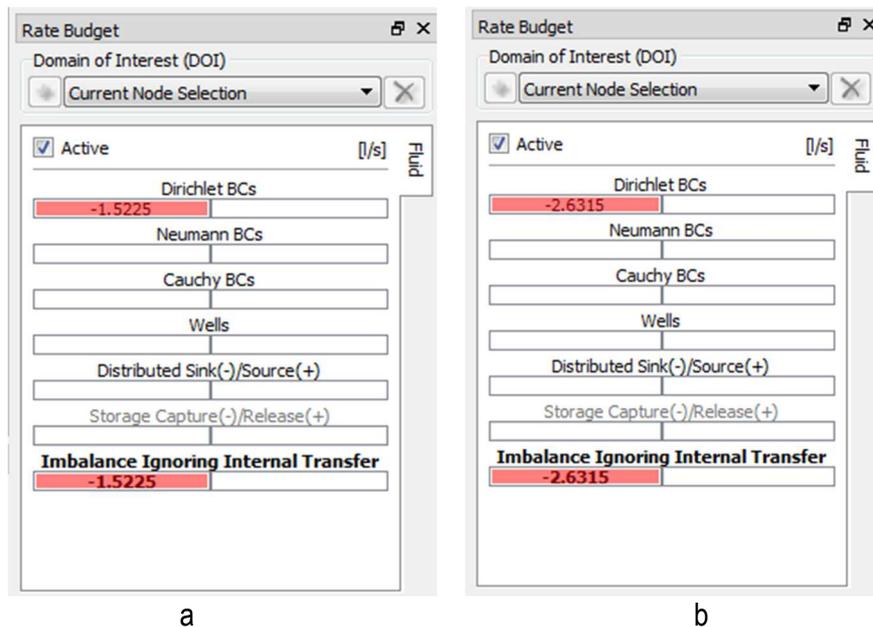


Figura 49 – Differenza (m) tra campo piezometrico nella condizione postoperam e anteoperam di calibrazione



a: scenario da condizione ante operam di calibrazione; b: scenario da condizione ante operam con massime quote piezometriche rilevate in asse galleria (condizione di ricarica)

Figura 50 a,b – Bilancio di modello relativo alla galleria in progetto nella condizione post operam.

10. ANALISI DEGLI IMPATTI SULLA RISORSA IDRICA SOTTERRANEA E SUPERFICIALE

10.1 Metodologia utilizzata

Per i pozzi censiti nell'area, la stima della vulnerabilità nei confronti delle opere in progetto è stata eseguita esclusivamente sulla base di valutazioni idrogeologiche relative all'acquifero captato, approccio ritenuto più attendibile, nello specifico caso, rispetto ad analisi per indici quantitativi comunemente utilizzate nel caso per esempio di sorgenti.

In particolare, si è giudicata la probabilità di interferenza e isterilimento dei pozzi sulla base delle condizioni nel seguito riportate.

- "Nulla".

Si è ritenuto di escludere qualsiasi rischio di interferenza per captazioni alimentate da circolazione superficiale, e in particolare:

- dove è intercettata esclusivamente la falda alluvionale di fondovalle dei corsi d'acqua principali, indipendentemente dalla profondità del pozzo;
- per i "pozzi cisterna" di largo diametro e bassa profondità (<10 m), intercettanti esclusivamente la circolazione più superficiale di versante.

- "Molto bassa, bassa".

- pozzi intercettanti circolazione superficiale nell'acquifero fratturato, a distanza >500 m dall'asse galleria;

- “Moderata”.

-- pozzi intercettanti circolazione intermedia o profonda entro l'acquifero fratturato (o comunque cautelativamente considerata tale in carenza di dati per una idonea caratterizzazione), a distanza 500÷1000 m dall'asse gallerie, non localizzati lungo strutture tettoniche evidenti o comunque intercettate dalle gallerie.

- “Elevata”.

-- pozzi intercettanti circolazione intermedia o profonda entro l'acquifero fratturato (o comunque cautelativamente considerata tale in carenza di dati per una idonea caratterizzazione), a distanza ravvicinata dalla galleria (0÷500) oppure a 500÷1000 m dall'asse, ma localizzati lungo strutture tettoniche intercettate dallo scavo.

10.2 Quadro di sintesi degli impatti

Il quadro delle interferenze potenziali con la galleria in progetto e dell'utilizzo / rilevanza strategica della risorsa sono riportati nella Tabella 11. Nella Tabella 12 sono riportate le caratteristiche delle captazioni in relazione al potenziale socioeconomico esposto. Nella Figura 51 è riportata la planimetria con le utenze censite ed il relativo grado di rischio interferenza con lo scavo della galleria.

Dei 23 pozzi censiti nell'area di possibile interferenza la maggioranza ricade nella categoria a rischio nullo o molto basso (12). La condizione di rischio “elevato” riguarda 1 pozzo (PP-3943), situato in prossimità dell'asse galleria, mentre un altro pozzo (PP-39883), viene cautelativamente considerato a moderato rischio di interferenza sia per l'importante rilevanza locale per soddisfare il fabbisogno irriguo agricolo che per la carenza di dati per una completa caratterizzazione. Le restanti captazioni (6) hanno bassa probabilità di interferenza.

Il rischio effettivo è complessivamente basso, in quanto non esistono probabilità di impatto per captazioni acquedottistiche; l'unica situazione di probabilità elevata è relativa a un pozzo al servizio domestico e irriguo di alcune abitazioni, in area già servita da acquedotto pubblico.

Codice	Denominazione località	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m)	Diametro (m)	Livello idrometrico (m da p.c.)	Probabilità interferenza	COD uso (*)	Note utilizzo
PP-12206	Cortazzi	150	7	1.3	3-3.1	nulla	6	domestico
PP-18227	Fosso di Cetina	133		0.2		nulla	5	Industriale antincendio
PP-19302	borro del Castellano	177	17	0.3	3.6-3.2	bassa	6	Domestico irriguo, orti e giardini
PP-21281	Fosso di Cetina	136	6	1.2		nulla	6	Domestico irriguo, orti e giardini
PP-21282	Fosso di Cetina	131	5	0.5	0.8-1	nulla	6	Domestico irriguo, orti e giardini
PP-24521	I Pratacci	139	10	1		nulla	7	inattivo, pozzo crollato
PP-24967	Cortazzi	160	45	0.2	20.1 -21.0	bassa	4	irriguo agricolo
PP-28973	Fosso di Cetina	130		0.2		nulla	5	Industriale
PP-35270	Cortazzi	149	12	1		nulla	6	Domestico irriguo, orti e giardini
PP-37472	Cortazzi	152		1		nulla	6	Domestico irriguo, orti e giardini
PP-39523	Cortazzi	142		1		nulla	7	Domestico irriguo, orti e giardini
PP-3943	Via Piana	194.96	86	0.2	37 -45.71	elevata	6	Domestico, irriguo, orti e giardini
PP-39727	Fosso di Cetina	128	4.5	1.5	0-0.45	nulla	6	Domestico irriguo (utilizzo non noto con precisione)
PP-39027	Capraia	192					5	industriale
PP-24341	Cabotino	205					6	Domestico irriguo, orti e giardini
PP-39883	Torre del Castellano	164.11	60	0.2		moderata	4	irriguo agricolo (antiparassitario); molto importante per l'utilizzo agricolo
PP-39884	Torre del Castellano	222	12	1.5		bassa	7	inattivo, (antiparassitario)
PP-39885	Torre del Castellano	210		1		bassa	7	inattivo, (antiparassitario)
PP-39886	Torre del Castellano	205		1		nulla	7	inattivo, (antiparassitario)
PP-39887	Torre del Castellano	190.58	12	1.5	1.47 - 1.6	bassa	6	inattivo, (antiparassitario), domestico, irriguo agricolo; importante in quanto utilizzato per riempire la piscina
PP-42104	borro del Castellano	170				bassa	4	Domestico irriguo, orti e giardini
PP-4949	Fosso di Cetina	128	4.5	1.5		nulla	6	Domestico irriguo, orti e giardini
PP-51466	Fosso di Cetina	115	10.5	1.5	4.6-4.7	nulla	6	Domestico irriguo (utilizzo non noto con precisione)

(*) cfr. Tabella 12

Tabella 11 - Quadro del rischio per le risorse idriche locali.

codice	Descrizione
1	Pozzi utilizzati da acquedotti pubblici, o con previsione/progetto di utilizzo per la medesima finalità
2	Pozzi utilizzati da acquedotti privati consortili, o ad uso privato domestico, in aree non raggiunte dalla rete di pubblico acquedotto
3	Pozzi utilizzati da acquedotti privati consortili, in aree servite dalla rete di pubblico acquedotto o agevolmente allacciabili a partire dalla rete esistente
4	Pozzi privati ad uso agricolo
5	Pozzi ad uso industriale antincendio
6	Pozzi privati ad uso domestico in aree servite da pubblico acquedotto
7	Pozzi inattivi

Tabella 12 – Caratteristiche delle captazioni in relazione al valore esposto.

Per quanto riguarda i corsi d'acqua superficiali la maggior parte sono risultati asciutti con l'eccezione del fosso di Cetina risultato perenne in quanto caratterizzato da ridotti deflusso di base anche in periodi non caratterizzati da apporti pluviometrici. Le indagini idrogeochimiche, condotte in periodo di magra, hanno messo in evidenza che il fosso è caratterizzato da un deflusso di base, ovvero un'alimentazione da falda, con evidente componente di origine profonda. Non si può escludere, pertanto, che tale componente possa essere interessata dallo scavo della galleria che comunque avverrà solo nel tratto prossimo alla confluenza del fosso con l'Arno e a quote superiori di almeno 10 m rispetto al fondo alveo rendendo quindi bassa la probabilità di interferenza.

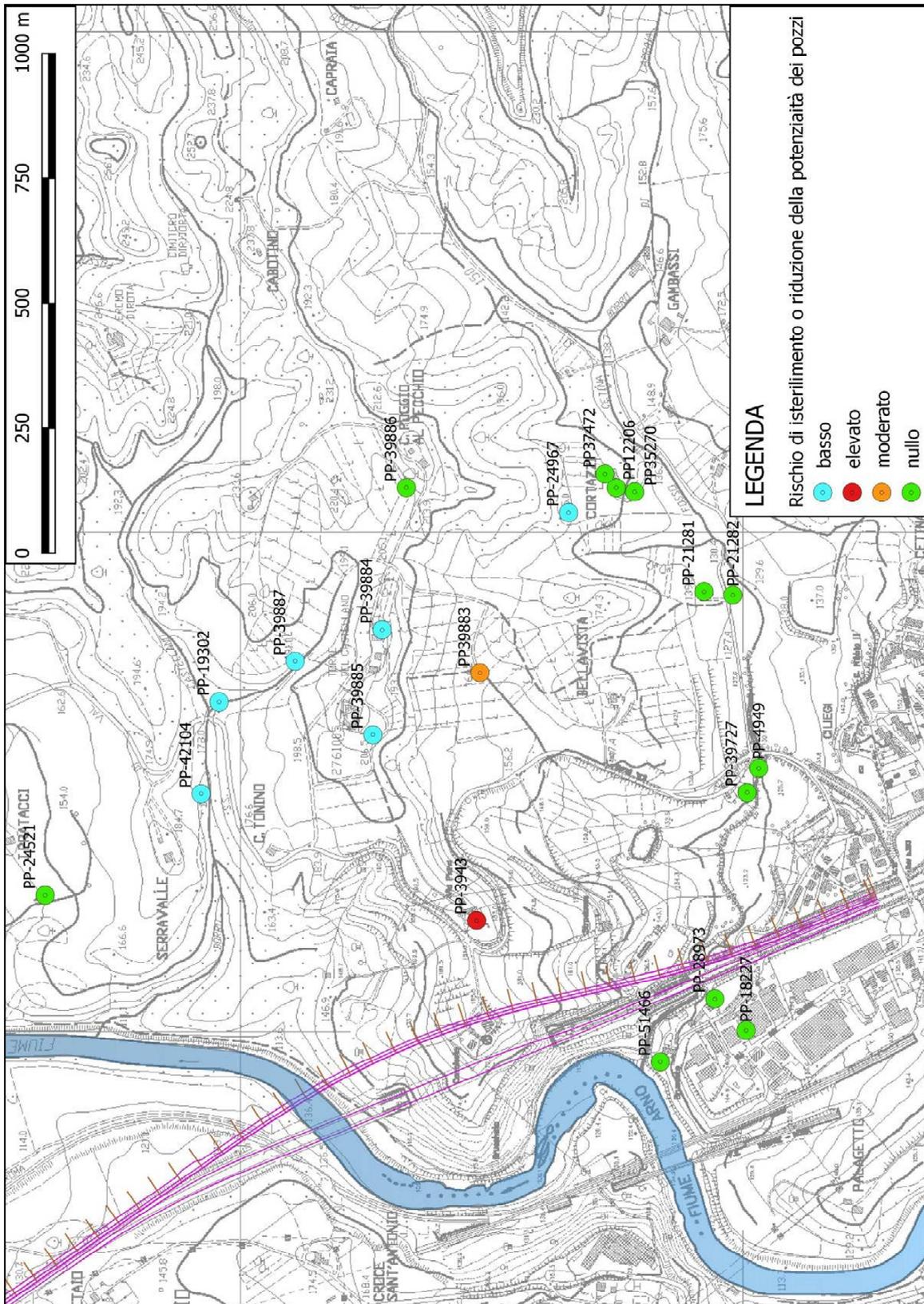


Figura 51 – Probabilità di interferenza dei pozzi censiti.

ALLEGATO 1 - Documentazione delle captazioni indagate

PP3943

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P24

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

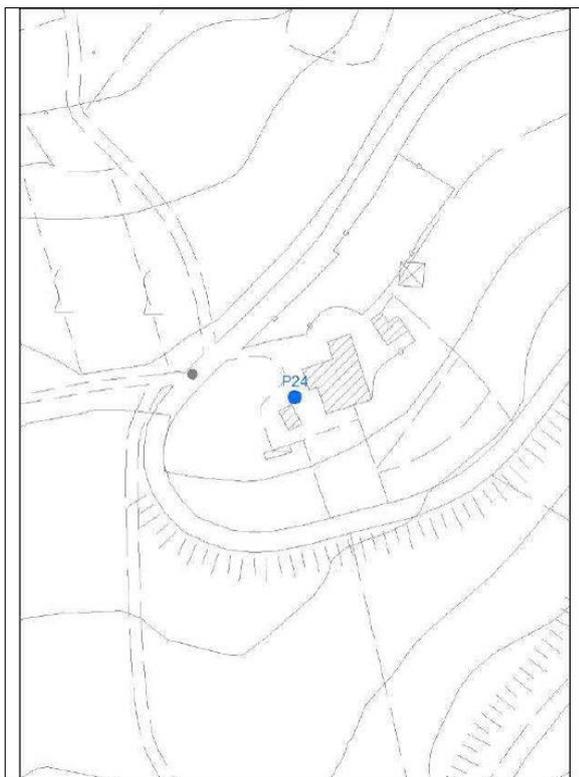
Coordinata X: 1698219

Coordinata Y: 4838531

Quota: 186 m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia): a18166



Tipologia d'uso: domestico

Data misura: 17/05/2011

Note: proprietà chiusa, pozzo non accessibile, misura non effettuabile

Profondità (m)	--
Livello statico (m dal p.c.)	--
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	--
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	--
Stratigrafia	--
Stato	

POZZO N° 3943

POSIZIONE GEOGRAFICA	
EST:	1698219,56
NORD:	4838531,52

ELENCO DEI PROPRIETARI

COGNOME/NOME: CASELLI ENZO
SESSO: MASCHIO DATA DI NASCITA: 27/04/1936
COMUNE DI NASCITA: CASTIGLIONE D'ORCIA
CODICE FISCALE: CSLNZE36D27C313T

INDIRIZZO:
VIA A.GIACOMINI, 30
50100

TELEFONO: 055572250 E-MAIL:

UBICAZIONE	
COMUNE	REGGELLO
LOCALITA'	CETINA
VIA/PIAZZA	
NUMERO CIVICO	
FOGLIO	82
PARTICELLA	213
FOGLIO CARTACEO	82
PARTICELLA/E CARTACEE	213

BACINO	
BACINO	ARNO
SOTTO BACINO	FIUME ARNO

CARATTERISTICHE GENERALI	
DATA DI INIZIO LAVORI	
DATA DI FINE LAVORI	
QUOTA DAL PIANO DI CAMPAGNA (m)	
PROFONDITA' DAL PIANO DI CAMPAGNA (m)	0

SISTEMA DI PERFORAZIONE	
TIPO DI PERFORAZIONE	
DIAMETRO DI PERFORAZIONE (mm)	
DIAMETRO DI PERFORAZIONE (mm)	

CARATTERISTICHE TUBAZIONE DEFINITIVA	
MATERIALE DELLA TUBAZIONE	
DIAMETRO TUBAZIONE (mm)	0 DA m 0 A m 0
MATERIALE DELLA TUBAZIONE	
DIAMETRO TUBAZIONE (mm)	

RISULTATI PROVE DI PORTATA	
LIVELLO STATICO (m dal P.C.)	
LIVELLO DINAMICO STABILE (m)	
PORTATA CRITICA (L/sec)	0,00
PORTATA DI ESERCIZIO (L/sec)	0,00

PORTATA DI ESERCIZIO (L/sec)	0,00
TRAMISSIVITA' (mq/sec)	
RAGGIO DI INFLUENZA (m)	

CARATTERISTICHE DEL PRELIEVO	
TIPO DELLA POMPA	
POTENZA DELLA POMPA (CV)	0,00
PROFONDITA' DI POSA DELLA POMPA (m)	0,00
PORTATA DELLA POMPA (L/sec)	0,00

CARATTERISTICHE CHIMICO/FISICO DELL'ACQUA	
TEMPERATURA (°C)	
TEMPERATURA (°C)	
CONDUCIBILITA' ELETTRICA 20°C (S/cm)	
DUREZZA (°F)	
IONE SOLFATO (mg/L)	
IONE CLORURO (mg/L)	
IONE NITRATO (mg/L)	
IONE AMMONIO (mg/L)	
FERRO (mg/L)	
MANGANESE (mg/L)	

AUTORIZZAZIONE N° 3468

IDENTIFICATIVI	
VECCHIO IDENTIFICATIVO	
INTENDENZA DI FINANZA	

DOMANDA DI AUTORIZZAZIONE	
NUMERO DI PROTOCOLLO	2268
DATA DI PROTOCOLLO	28/03/1990

RILASCIO DI AUTORIZZAZIONE	
NUMERO DI PROTOCOLLO	2268
DATA DI PROTOCOLLO	11/05/1990

ELENCO DEI PROPRIETARI

COGNOME/NOME: CASELLI ENZO
SESSO: MASCHIO **DATA DI NASCITA:** 27/04/1936
COMUNE DI NASCITA: CASTIGLIONE D'ORCIA
CODICE FISCALE: CSLNZE36D27C313T

INDIRIZZO:
VIA A. GIACOMINI, 30
50100

TELEFONO: 055572250 **E-MAIL:**

ELENCO DEI RICHIEDENTI

COGNOME/NOME: CASELLI ENZO
SESSO: MASCHIO **DATA DI NASCITA:** 27/04/1936
COMUNE DI NASCITA: CASTIGLIONE D'ORCIA
CODICE FISCALE: CSLNZE36D27C313T

INDIRIZZO:
VIA A. GIACOMINI, 30
50100

TELEFONO: 055572250 **E-MAIL:**

ELENCO DEI PROFESSIONISTI

ELENCO DELLE DITTE ESECUTRICI

Provincia di Firenze

AUTORIZZAZIONE

N° pratica	3468
Data protocollo domanda	28/03/1990
Numero protocollo domanda	2268
Data protocollo autorizzazione	11/05/1990
Numero protocollo autorizzazione	2268
Totale captazioni	1

Primo uso: DOMESTICO IRRIGUO ORTI E GIARDINI

PP4949

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P79

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

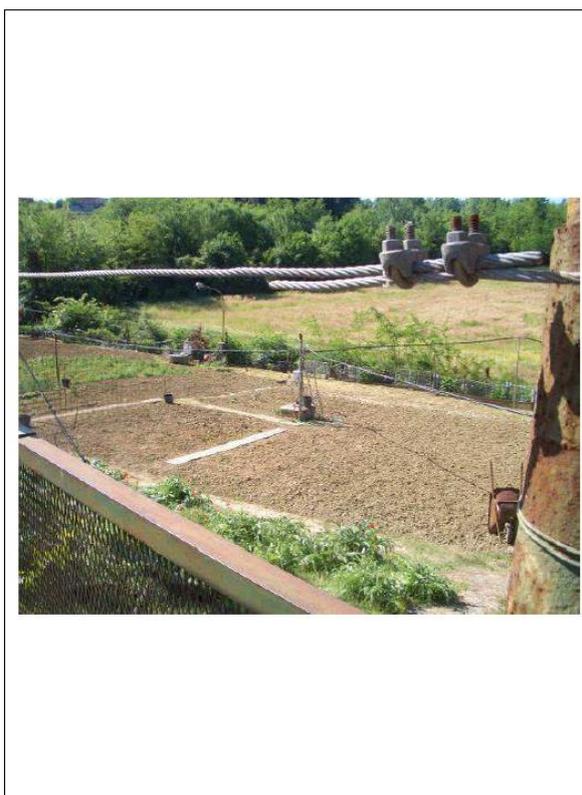
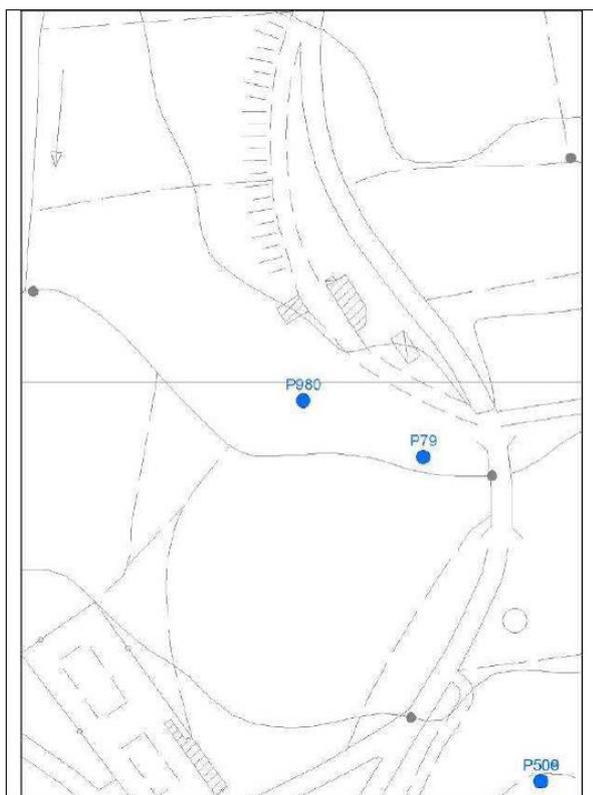
Coordinata X: 1698525

Coordinata Y: 4837969

Quota: 128 m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia): d1235



Tipologia d'uso: domestico

Data misura: 17/05/2011

Note: proprietà chiusa, pozzo non accessibile, misura non effettuabile

Profondità (m)	3
Livello statico (m dal p.c.)	--
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	--
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	--
Stratigrafia	--
Stato	--

Provincia di Firenze

DENUNCIA

N° pratica	138
Data protocollo denuncia	17/05/1994
Numero protocollo denuncia	16007
Totale captazioni	1

Primo uso: DOMESTICO IRRIGUO ORTI E GIARDINI

PP12206

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P258

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

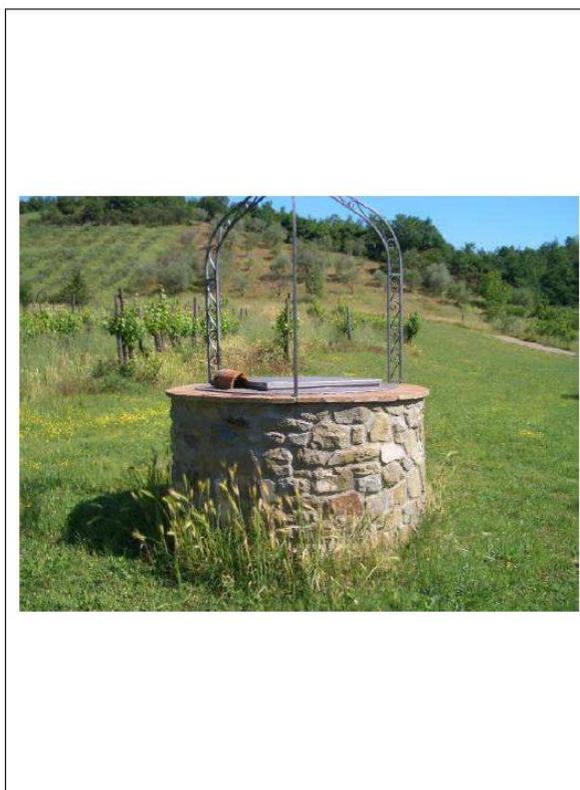
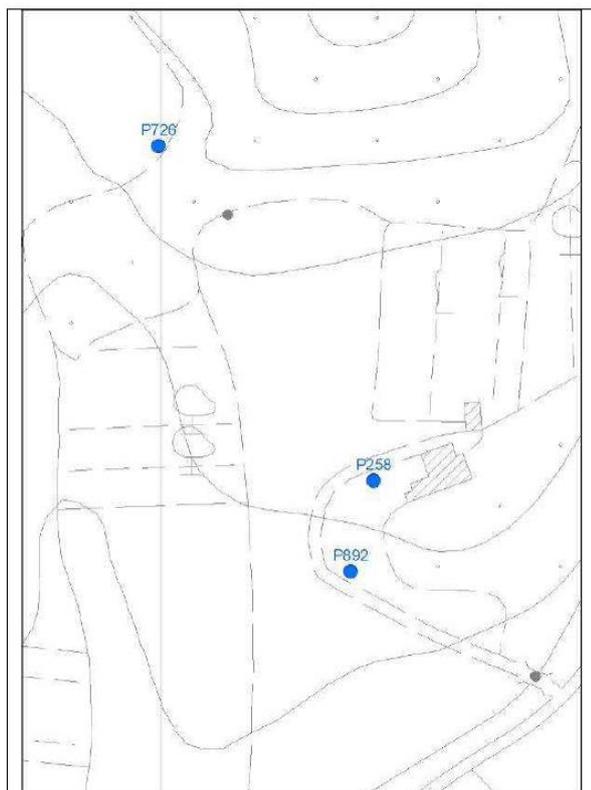
Coordinata X: 1699087

Coordinata Y: 4838253

Quota: 150 m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia): d41916



Tipologia d'uso: domestico

Data misura: 17/05/2011

Note: pozzo chiuso con lucchetto, proprietario non presente, misura non effettuabile

Profondità (m)	--
Livello statico (m dal p.c.)	--
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	--
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	--
Stratigrafia	--
Stato	--

Provincia di Firenze

DENUNCIA

N° pratica	3562
Data protocollo denuncia	03/08/1994
Numero protocollo denuncia	30057
Totale captazioni	1

Primo uso: DOMESTICO POTABILE

PP18227

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P499

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

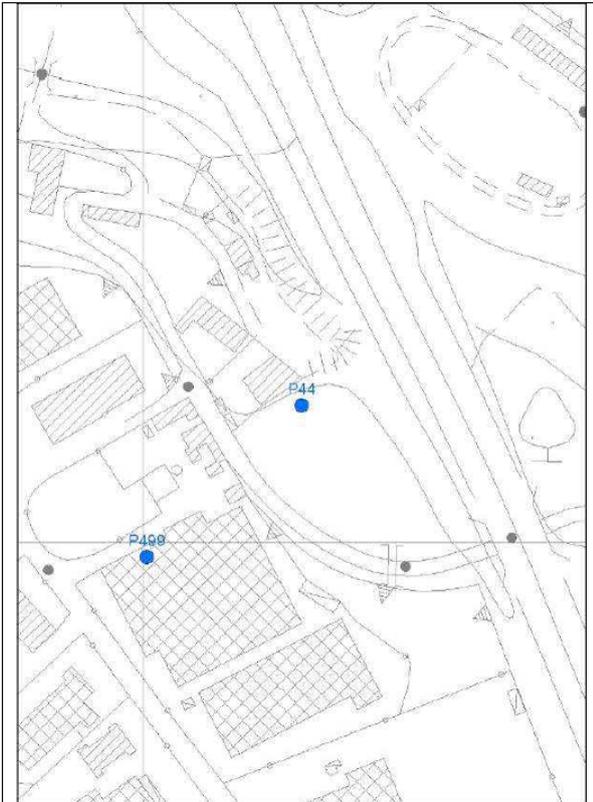
Coordinata X: 1698001

Coordinata Y: 4837994

Quota: 133 m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia): d50732



Tipologia d'uso: altri usi

Data misura: 17/05/2011

Note: area industriale abbandonata e chiusa, pozzo non accessibile

Profondità (m)	--
Livello statico (m dal p.c.)	--
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	--
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	--
Stratigrafia	--
Stato	--

Provincia di Firenze

CONCESSIONE

N° pratica	1559
N° protocollo	207224
Data	16/12/2005
Tipo concessione	Preferenziale
Totale captazioni	1

Primo uso: INDUSTRIALE

Secondo uso: ANTICENDIO

Portata costante richiesta: 2.0 l/s

Provincia di Firenze

[Torna indietro](#)

DENUNCIA

N° pratica	11408
Data protocollo denuncia	22/08/1994
Numero protocollo denuncia	42146
Totale captazioni	1

Primo uso: INDUSTRIALE

PP19302

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P2413

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

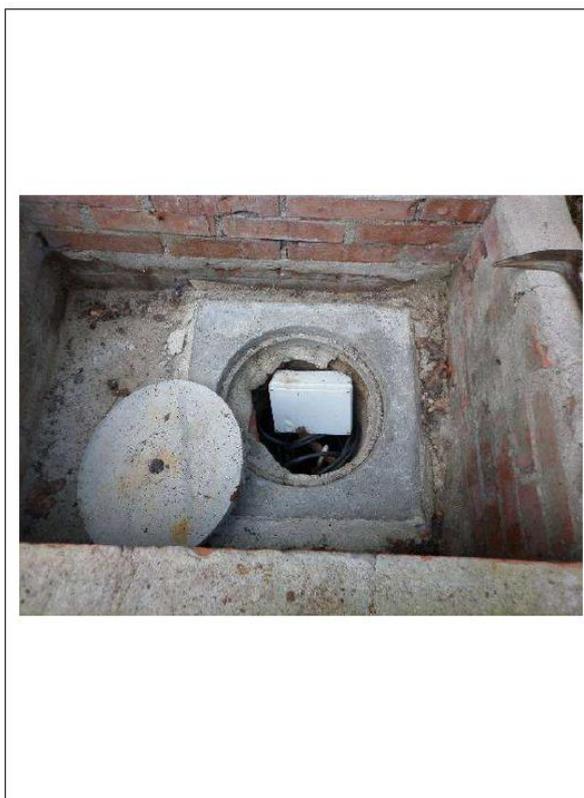
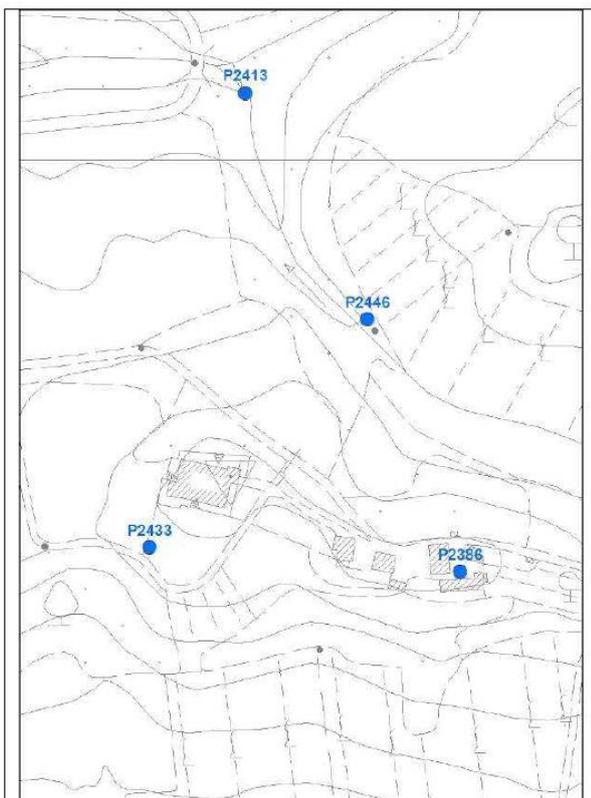
Coordinata X: 1698657

Coordinata Y: 4839045

Quota: 177 m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia): d51900



Tipologia d'uso: domestico

Data misura: 17/06/2011

Note:

Profondità (m)	17
Livello statico (m dal p.c.)	4,60
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	172,40
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	30
Stratigrafia	--
Stato	attivo

Provincia di Firenze

DENUNCIA

N° pratica	12741
Data protocollo denuncia	22/08/1994
Numero protocollo denuncia	44165
Totale captazioni	1

Primo uso: DOMESTICO IRRIGUO ORTI E GIARDINI

PP21281

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P616

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

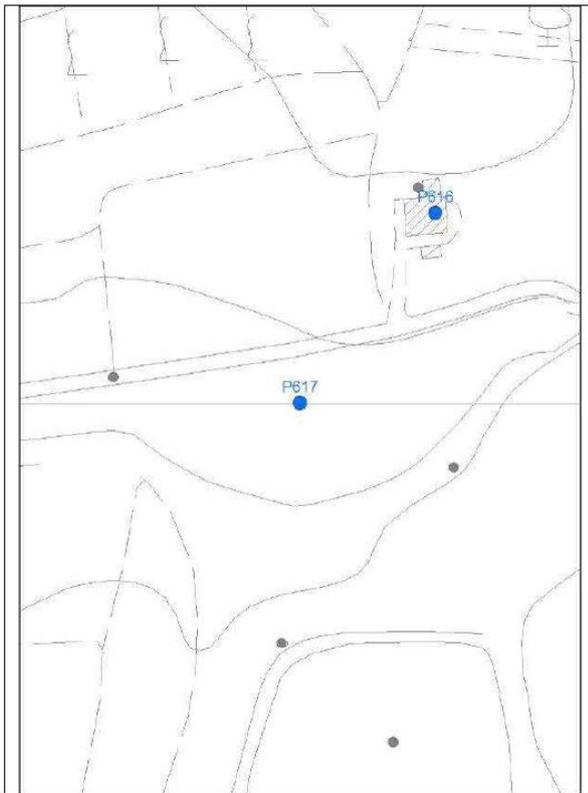
Coordinata X: 1698878

Coordinata Y: 4838078

Quota: 136 m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia): d53979



Tipologia d'uso: domestico

Data misura: 17/05/2011

Note:

Profondità (m)	6
Livello statico (m dal p.c.)	1,20
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	134,80
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	120
Stratigrafia	--
Stato	attivo

Provincia di Firenze

DENUNCIA

N° pratica	15256
Data protocollo denuncia	22/08/1994
Numero protocollo denuncia	38283
Totale captazioni	2

Primo uso: DOMESTICO IRRIGUO ORTI E GIARDINI

Primo uso: DOMESTICO IRRIGUO ORTI E GIARDINI

PP21282

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P617

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

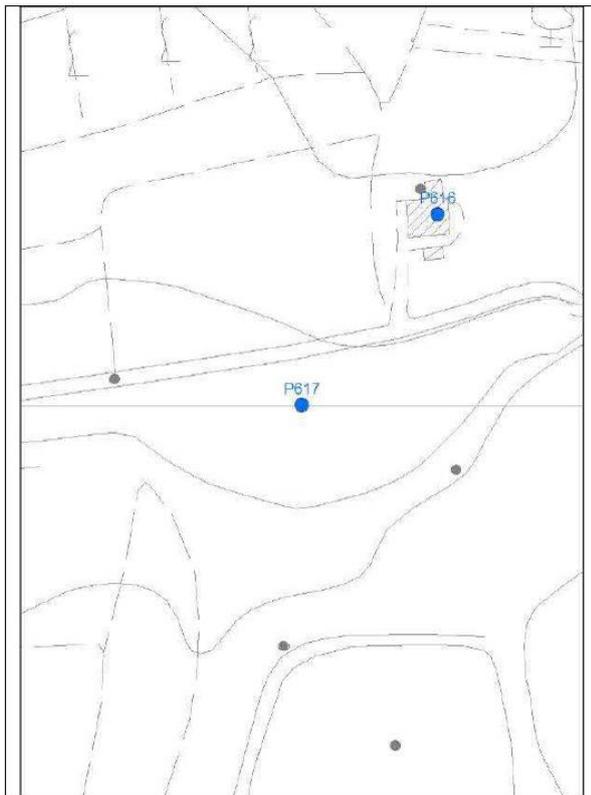
Coordinata X: 1698823

Coordinata Y: 4838000

Quota: 131 m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia): d53980



Tipologia d'uso: domestico

Data misura: 17/05/2011

Note: pozzo chiuso con serratura, proprietario non presente, misura non effettuabile

Profondità (m)	7
Livello statico (m dal p.c.)	--
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	--
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	--
Stratigrafia	--
Stato	--

Provincia di Firenze

DENUNCIA

N° pratica	15256
Data protocollo denuncia	22/08/1994
Numero protocollo denuncia	38283
Totale captazioni	2

Primo uso: DOMESTICO IRRIGUO ORTI E GIARDINI

Primo uso: DOMESTICO IRRIGUO ORTI E GIARDINI

PP-23341

Provincia di Firenze

CONCESSIONE

N° pratica	3213
N° protocollo	3038
Data	03/01/2008
Tipo concessione	Preferenziale
Totale captazioni	1

Primo uso: INDUSTRIALE

Portata costante richiesta: 1.0 l/s

Portata costante concessa: 1.0 l/s

Provincia di Firenze

DENUNCIA

N° pratica	19763
Data protocollo denuncia	22/08/1994
Numero protocollo denuncia	34833
Totale captazioni	1

Primo uso: DOMESTICO IRRIGUO ORTI E GIARDINI

PP24521

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P2424

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

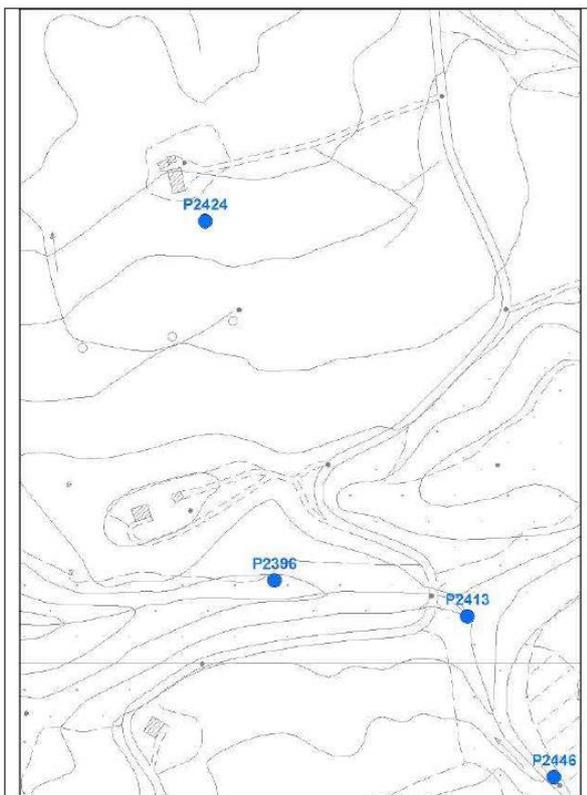
Coordinata X: 1698408

Coordinata Y: 4839422

Quota: 139 m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia): d57483



Tipologia d'uso: altri usi

Data misura: 17/06/2011

Note: il proprietario dice che è crollato, in effetti c'è acqua ben visibile a 1,20m ma melmosa

Profondità (m)	10
Livello statico (m dal p.c.)	1.20
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	137,80
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	1.10
Stratigrafia	--
Stato	Non attivo

Provincia di Firenze

[Torna indietro](#)

DENUNCIA

N° pratica	20045
Data protocollo denuncia	22/08/1994
Numero protocollo denuncia	33921
Totale captazioni	1

Primo uso: INATTIVO

PP24967

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P726

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

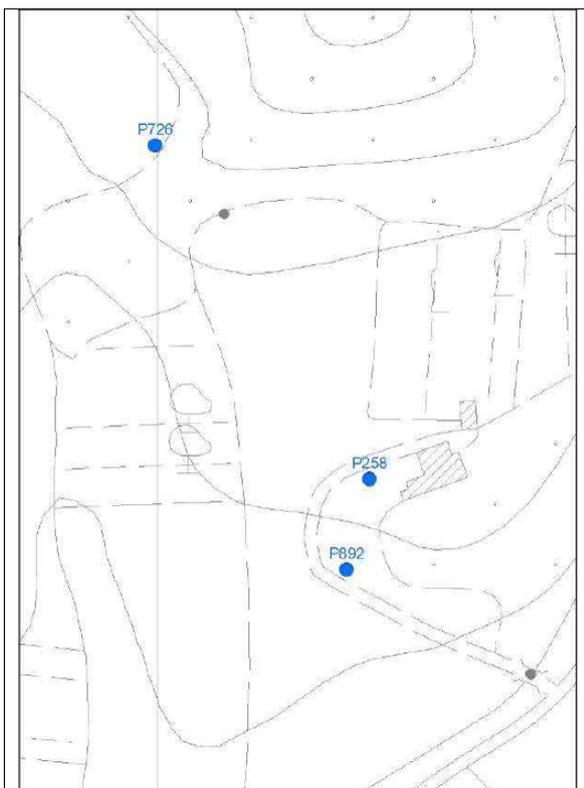
Coordinata X: 1698999

Coordinata Y: 4838391

Quota: 160 m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia): d57960



Tipologia d'uso: altri usi

Data misura: 17/05/2011

Note: boccapozzo sigillata, pozzo non accessibile, misura non effettuabile

Profondità (m)	--
Livello statico (m dal p.c.)	--
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	--
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	--
Stratigrafia	--
Stato	--

Provincia di Firenze

DENUNCIA

N° pratica	3620
Data protocollo denuncia	11/04/2001
Numero protocollo denuncia	9464
Totale captazioni	1

Primo uso: IRRIGUO - AGRICOLO

PP28973

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P44

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

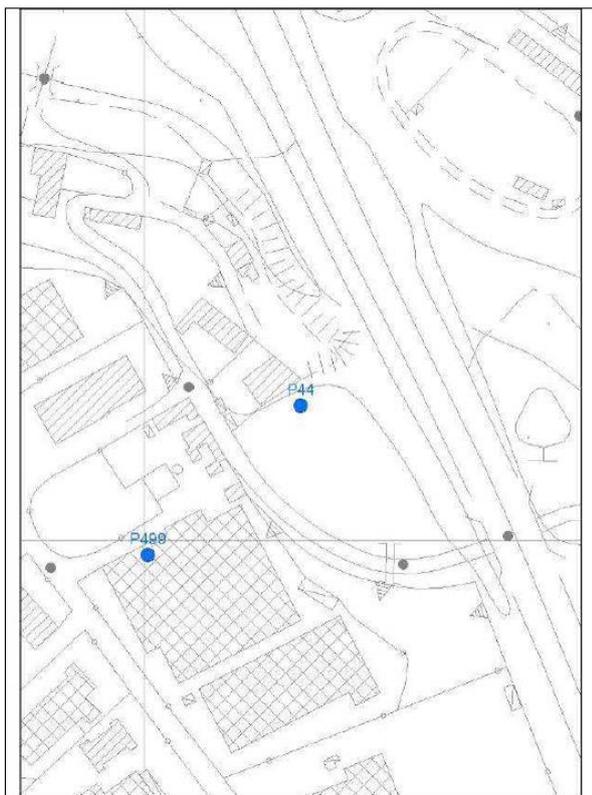
Coordinata X: 1698063

Coordinata Y: 4838055

Quota: 130 m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia): c1741



Tipologia d'uso: altri usi

Data misura: 17/05/2011

Note: proprietà chiusa, pozzo non accessibile, misura non effettuabile

Profondità (m)	--
Livello statico (m dal p.c.)	--
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	--
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	--
Stratigrafia	--
Stato	--

Provincia di Firenze

CONCESSIONE

N° pratica	206
N° protocollo	3300
Data	07/02/1997
Tipo concessione	Preferenziale
Totale captazioni	1

Primo uso: INDUSTRIALE

Secondo uso: IGIENICO E ASSIMILATI

Terzo uso: IRRIGUO - AGRICOLO

Portata costante richiesta: 0.33 l/s

Provincia di Firenze

DENUNCIA

N° pratica	19281
Data protocollo denuncia	22/08/1994
Numero protocollo denuncia	42515
Totale captazioni	1

Primo uso: INDUSTRIALE

PP35270

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P892

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

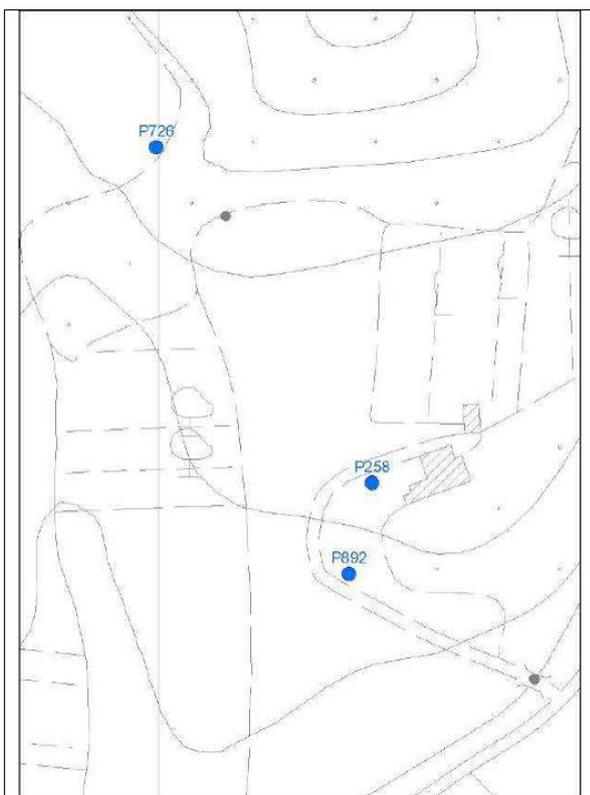
Coordinata X: 1699077

Coordinata Y: 4838216

Quota: 149 m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia): NEW_AUT36105



Tipologia d'uso: domestico

Data misura: 17/05/2011

Note:

Profondità (m)	12
Livello statico (m dal p.c.)	1,30
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	147,70
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	130
Stratigrafia	--
Stato	attivo

Provincia di Firenze

AUTORIZZAZIONE

N° pratica	6991
Data protocollo domanda	06/08/1999
Numero protocollo domanda	27248
Data protocollo autorizzazione	15/09/1999
Numero protocollo autorizzazione	29400
Totale captazioni	1

Primo uso: DOMESTICO IRRIGUO ORTI E GIARDINI

PP37472

Provincia di Firenze

[Torna indietro](#)

AUTORIZZAZIONE

N° pratica	9120
Data protocollo domanda	19/02/2004
Numero protocollo domanda	17769
Data protocollo autorizzazione	26/04/2004
Numero protocollo autorizzazione	36417
Totale captazioni	1

Primo uso: DOMESTICO IRRIGUO ORTI E GIARDINI

PP-39027

Provincia di Firenze

AUTORIZZAZIONE

N° pratica	5372
Data protocollo domanda	23/11/1994
Numero protocollo domanda	57854
Data protocollo autorizzazione	23/12/1994
Numero protocollo autorizzazione	60917
Totale captazioni	1

PP-39523

AUTORIZZAZIONE

N° pratica	9713
Data protocollo domanda	07/10/2005
Numero protocollo domanda	150278
Data protocollo autorizzazione	04/01/2006
Numero protocollo autorizzazione	2950
Totale captazioni	1

Primo uso: DOMESTICO IRRIGUO ORTI E GIARDINI

PP39727

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P980

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

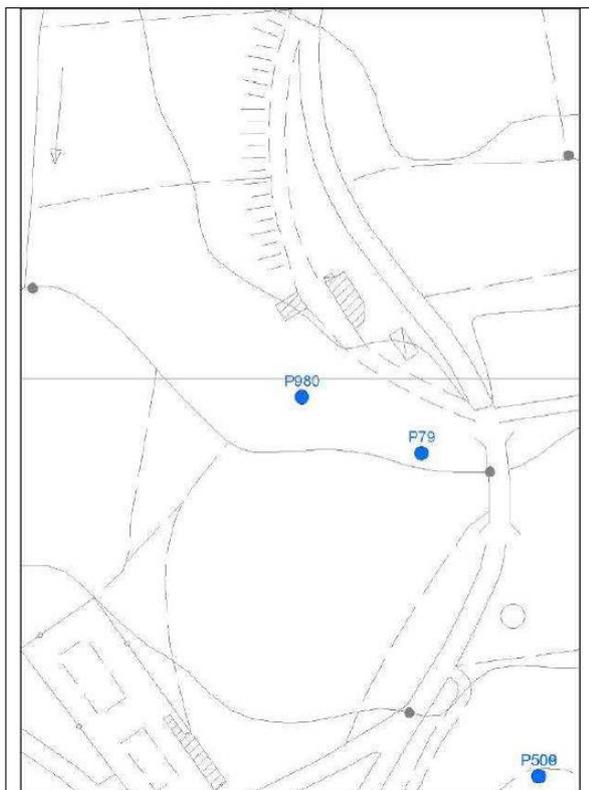
Coordinata X: 1698477

Coordinata Y: 4837992

Quota: 128 m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia): UB1TM18012006131309!oC9[03655535



Tipologia d'uso: domestico

Data misura: 17/05/2011

Note:

Profondità (m)	6
Livello statico (m dal p.c.)	0,5
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	127,5
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	120
Stratigrafia	--
Stato	attivo

Provincia di Firenze

PP39883

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P994

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

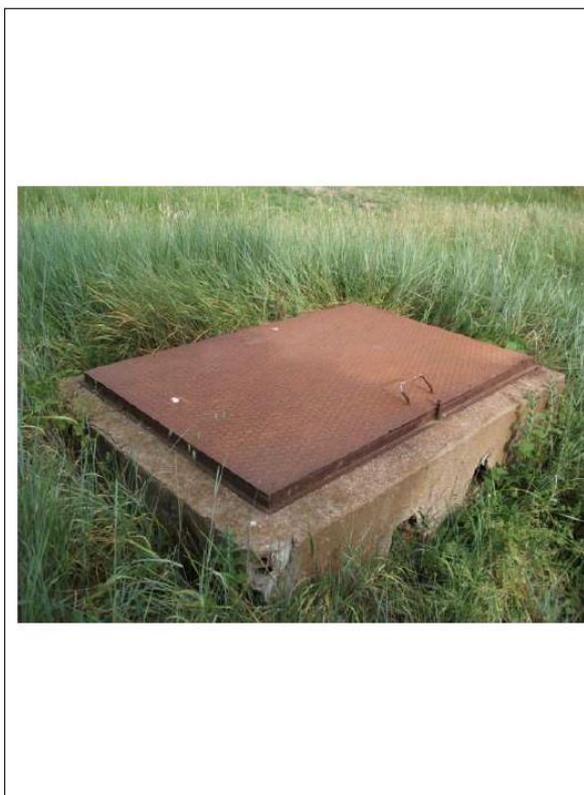
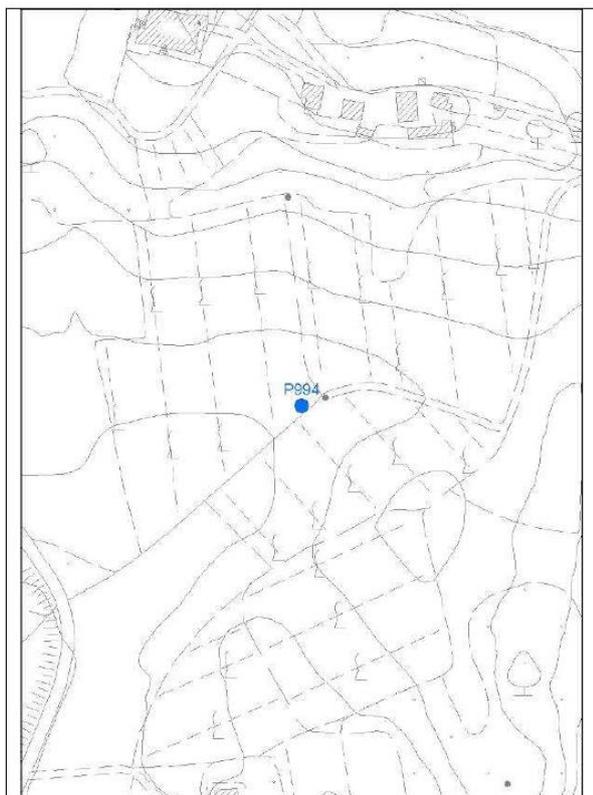
Coordinata X: 1698716

Coordinata Y: 4838524

Quota: 168 m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia):



Tipologia d'uso: altri usi

Data misura: 27/05/2011

Note: misura non effettuabile per copertura bloccata

Profondità (m)	--
Livello statico (m dal p.c.)	--
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	--
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	--
Stratigrafia	--
Stato	--

Provincia di Firenze

CONCESSIONE

N° pratica	1159
N° protocollo	10150
Data	13/04/2001
Tipo concessione	Preferenziale
Totale captazioni	1

Primo uso: IRRIGUO - AGRICOLO

Portata costante richiesta: 1.5 l/s

CONCESSIONE N° 1159

IDENTIFICATIVI	
VECCHIO IDENTIFICATIVO	0
INTENDENZA DI FINANZA	

DATI DELLA CONCESSIONE	
TIPO DI CONCESSIONE	PREFERENZIALE
NUMERO DI PROTOCOLLO	10150
DATA DI PROTOCOLLO	13/04/2001

ELENCO DEI PROPRIETARI

COGNOME/NOME: GARBATI PEGNA FRANCESCO
SESSO: MASCHIO **DATA DI NASCITA:** 30/04/1958
COMUNE DI NASCITA: FIRENZE
CODICE FISCALE: GRBFNC58D30D612L

INDIRIZZO:
VIA DEL CASTELLANO, 59
50066

TELEFONO: 0558662118 **E-MAIL:**

COGNOME/NOME: GARBATI PEGNA FRANCESCO
SESSO: MASCHIO **DATA DI NASCITA:** 30/04/1958
COMUNE DI NASCITA: FIRENZE
CODICE FISCALE: GRBFNC58D30D612L

INDIRIZZO:
VIA DEL CASTELLANO, 59
50066

TELEFONO: 0558662118 **E-MAIL:**

COGNOME/NOME: GARBATI PEGNA GIOVANNA
SESSO: FEMMINA **DATA DI NASCITA:** 29/07/1953
COMUNE DI NASCITA: FIRENZE
CODICE FISCALE: GRBGNN53L69D612M

INDIRIZZO:
VIA DELLA CERNAIA, 15
50100

TELEFONO: **E-MAIL:**

COGNOME/NOME: MINUCCI ANNAMARIA
SESSO: FEMMINA **DATA DI NASCITA:** 13/05/1923
COMUNE DI NASCITA: MONTEVARCHI
CODICE FISCALE: MNCNMR23E53F656X

INDIRIZZO:
VIA TORRE DEL CASTELLANO, 59
50066

TELEFONO: E-MAIL:

COGNOME/NOME: MINUCCI ANNAMARIA
SESSO: FEMMINA **DATA DI NASCITA:** 13/05/1923
COMUNE DI NASCITA: MONTEVARCHI
CODICE FISCALE: MNCNMR23E53F656X

INDIRIZZO:
VIA TORRE DEL CASTELLANO, 59
50066

TELEFONO: E-MAIL:

COGNOME/NOME: GARBATI PEGNA GIOVANNA
SESSO: FEMMINA **DATA DI NASCITA:** 29/07/1953
COMUNE DI NASCITA: FIRENZE
CODICE FISCALE: GRBGNN53L69D612M

INDIRIZZO:
VIA DELLA CERNAIA, 15
50100

TELEFONO: E-MAIL:

ELENCO DEI RICHIEDENTI

COGNOME/NOME: GARBATI PEGNA FRANCESCO
SESSO: MASCHIO **DATA DI NASCITA:** 30/04/1958
COMUNE DI NASCITA: FIRENZE
CODICE FISCALE: GRBFNC58D30D612L

INDIRIZZO:
VIA DEL CASTELLANO, 59
50066

TELEFONO: 0558662118 **E-MAIL:**

ELENCO DEI PROFESSIONISTI

ELENCO DELLE DITTE ESECUTRICI

Provincia di Firenze

DENUNCIA

N° pratica	22177
Data protocollo denuncia	13/10/1994
Numero protocollo denuncia	52753
Totale captazioni	9

Primo uso: **INATTIVO**

Primo uso: **ANTIPARASSITARIO**

Primo uso: **INATTIVO**

Primo uso: **INATTIVO**

Primo uso: **INATTIVO**

DENUNCIA N° 22177	
IDENTIFICATIVI	
VECCHIO IDENTIFICATIVO	D0023348
INTENDENZA DI FINANZA	
DATI DELLA DENUNCIA	
NUMERO DI PROTOCOLLO	52753
DATA DI PROTOCOLLO	13/10/1994

ELENCO DEI PROPRIETARI

ELENCO DEI RICHIEDENTI

COGNOME/NOME: GARBATI PEGNA FERRERO SESSO: MASCHIO DATA DI NASCITA: 10/07/1921 COMUNE DI NASCITA: INCISA IN VAL D'ARNO CODICE FISCALE: GRBFRR21L10E296D INDIRIZZO: VIA TORRE DEL CASTELLANO, 59 50066 TELEFONO: 055-863108 E-MAIL:

ELENCO DEI PROFESSIONISTI

ELENCO DELLE DITTE ESECUTRICI

PP39884

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P2386

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

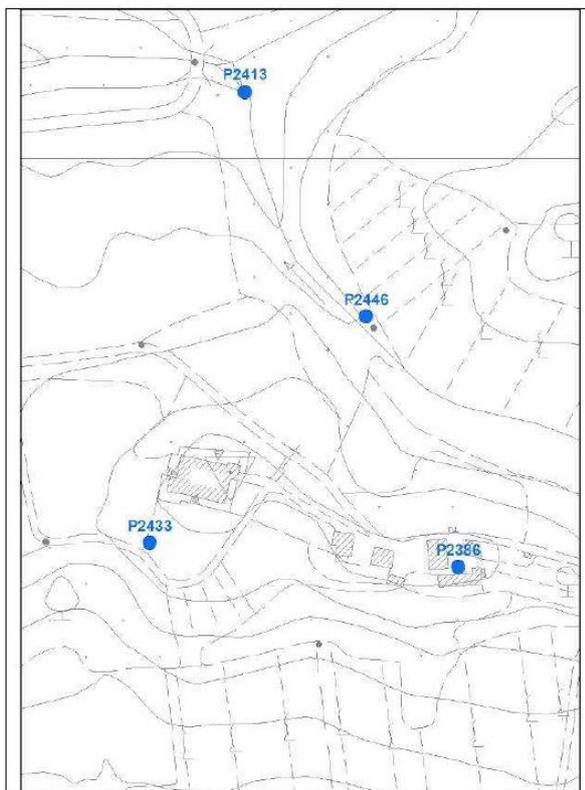
Coordinata X: 1698802

Coordinata Y: 4838719

Quota: 209 m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia):



Tipologia d'uso: altri usi

Data misura: 17/06/2011

Note: misura non effettuabile per accesso non autorizzato

Profondità (m)	--
Livello statico (m dal p.c.)	--
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	--
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	--
Stratigrafia	--
Stato	--

Provincia di Firenze

DENUNCIA

N° pratica	22177
Data protocollo denuncia	13/10/1994
Numero protocollo denuncia	52753
Totale captazioni	9

Primo uso: INATTIVO

Primo uso: ANTIPARASSITARIO

Primo uso: INATTIVO

Primo uso: INATTIVO

Primo uso: INATTIVO

PP39885

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P2433

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

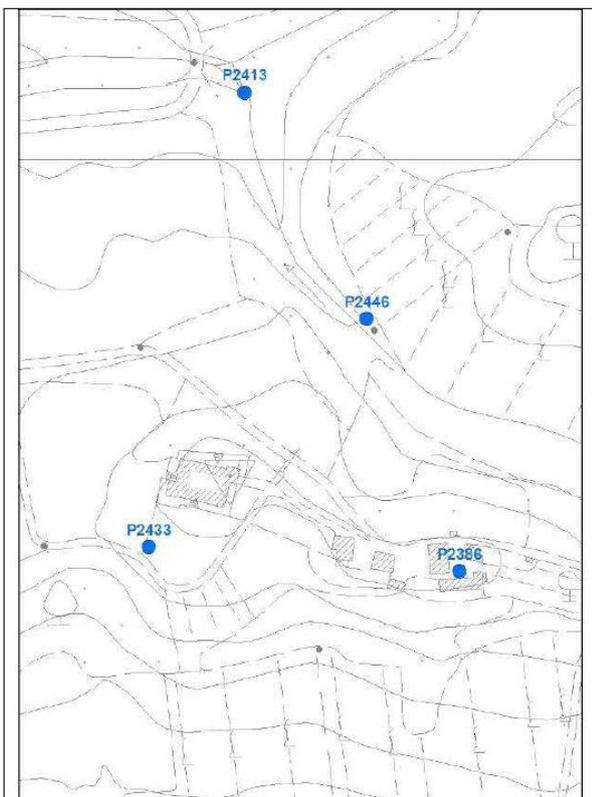
Coordinata X: 1698592

Coordinata Y: 4838736

Quota: m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia):



Tipologia d'uso: altri usi

Data misura: 17/06/2011

Note: pozzo non trovato nell'area indicata, né in quelle adiacenti

Profondità (m)	--
Livello statico (m dal p.c.)	--
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	--
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	--
Stratigrafia	--
Stato	--

Provincia di Firenze

DENUNCIA

N° pratica	22177
Data protocollo denuncia	13/10/1994
Numero protocollo denuncia	52753
Totale captazioni	9

Primo uso: INATTIVO

Primo uso: ANTIPARASSITARIO

Primo uso: INATTIVO

Primo uso: INATTIVO

Primo uso: INATTIVO

Provincia di Firenze**DENUNCIA**

N° pratica	22177
Data protocollo denuncia	13/10/1994
Numero protocollo denuncia	52753
Totale captazioni	9

Primo uso: INATTIVO**Primo uso: ANTIPARASSITARIO****Primo uso: INATTIVO****Primo uso: INATTIVO****Primo uso: INATTIVO****POZZO N° 39886****POSIZIONE
GEOGRAFICA**

EST:	1699085,84
NORD:	4838672,04

ELENCO DEI PROPRIETARI**UBICAZIONE**

COMUNE	REGGELLO
LOCALITA'	TORRE DEL CASTELLANO
VIA/PIAZZA	VIA TORRE DEL CASTELLANO
NUMERO CIVICO	59
FOGLIO	83
PARTICELLA	169
FOGLIO CARTACEO	83
PARTICELLA/E CARTACEE	169

BACINO

BACINO	ARNO
SOTTO BACINO	FIUME ARNO

CARATTERISTICHE GENERALI

DATA DI INIZIO LAVORI	01/01/1900
DATA DI FINE LAVORI	01/01/1900
QUOTA DAL PIANO DI CAMPAGNA (m)	
PROFONDITA' DAL PIANO DI CAMPAGNA (m)	

SISTEMA DI PERFORAZIONE

TIPO DI PERFORAZIONE	
DIAMETRO DI PERFORAZIONE (mm)	
DIAMETRO DI PERFORAZIONE (mm)	

CARATTERISTICHE TUBAZIONE DEFINITIVA

MATERIALE DELLA TUBAZIONE	
DIAMETRO TUBAZIONE (mm)	
MATERIALE DELLA TUBAZIONE	
DIAMETRO TUBAZIONE (mm)	

RISULTATI PROVE DI PORTATA

LIVELLO STATICO (m dal P.C.)	
LIVELLO DINAMICO STABILE (m)	
PORTATA CRITICA (L/sec)	
PORTATA DI ESERCIZIO (L/sec)	
PORTATA DI ESERCIZIO (L/sec)	
TRASMISSIVITA' (mq/sec)	
RAGGIO DI INFLUENZA (m)	

CARATTERISTICHE DEL PRELIEVO

TIPO DELLA POMPA	
POTENZA DELLA POMPA (CV)	
PROFONDITA' DI POSA DELLA POMPA (m)	
PORTATA DELLA POMPA (L/sec)	

CARATTERISTICHE CHIMICO/FISICO DELL'ACQUA

TEMPERATURA (°C)	
TEMPERATURA (°C)	
CONDUCIBILITA' ELETTRICA 20°C (S/cm)	
DUREZZA (°F)	
IONE SOLFATO (mg/L)	
IONE CLORURO (mg/L)	
IONE NITRATO (mg/L)	
IONE AMMONIO (mg/L)	
FERRO (mg/L)	
MANGANESE (mg/L)	

PP39887

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P2446

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

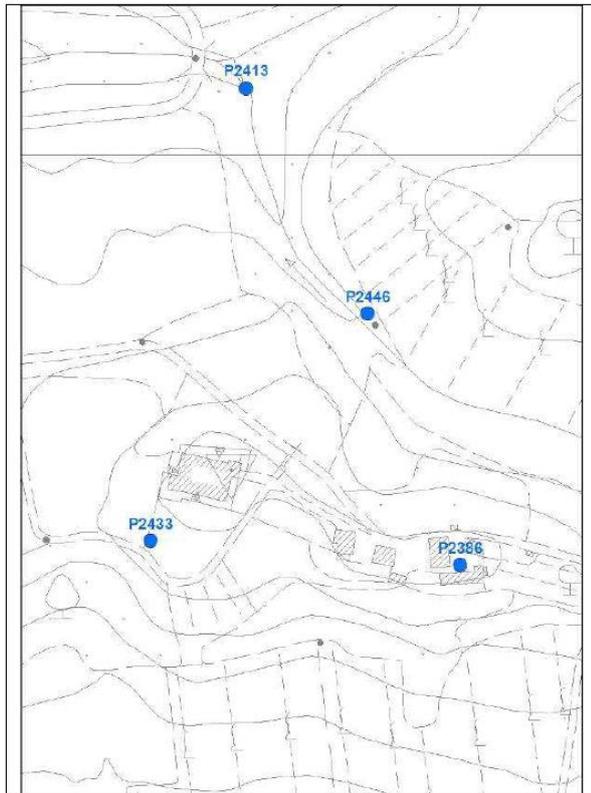
Coordinata X: 1698739

Coordinata Y: 4838891

Quota: 196 m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia):



Tipologia d'uso: altri usi

Data misura: 17/06/2011

Note: misura non effettuabile per accesso non autorizzato

Profondità (m)	--
Livello statico (m dal p.c.)	--
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	--
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	--
Stratigrafia	--
Stato	--

Provincia di Firenze

CONCESSIONE

N° pratica	1161
N° protocollo	10152
Data	13/04/2001
Tipo concessione	Preferenziale
Totale captazioni	1

Primo uso: IRRIGUO - AGRICOLO

Portata costante richiesta: 1.5 l/s

Provincia di Firenze

DENUNCIA

N° pratica	22177
Data protocollo denuncia	13/10/1994
Numero protocollo denuncia	52753
Totale captazioni	9

Primo uso: INATTIVO

Primo uso: ANTIPARASSITARIO

Primo uso: INATTIVO

Primo uso: INATTIVO

Primo uso: INATTIVO

POZZO N° 39887

POSIZIONE GEOGRAFICA

EST:	1698739,65
NORD:	4838891,49

ELENCO DEI PROPRIETARI

COGNOME/NOME: GARBATI PEGNA FRANCESCO
SESSO: MASCHIO **DATA DI NASCITA:** 30/04/1958
COMUNE DI NASCITA: FIRENZE
CODICE FISCALE: GRBFNC58D30D612L

INDIRIZZO:

VIA DEL CASTELLANO, 59
50066

TELEFONO: 0558662118 **E-MAIL:**

COGNOME/NOME: GARBATI PEGNA GIOVANNA
SESSO: FEMMINA **DATA DI NASCITA:** 29/07/1953
COMUNE DI NASCITA: FIRENZE
CODICE FISCALE: GRBGNN53L69D612M

INDIRIZZO:

VIA DELLA CERNAIA, 15
50100

TELEFONO: **E-MAIL:**

COGNOME/NOME: MINUCCI ANNAMARIA
SESSO: FEMMINA **DATA DI NASCITA:** 13/05/1923
COMUNE DI NASCITA: MONTEVARCHI
CODICE FISCALE: MNCNMR23E53F656X

INDIRIZZO:

VIA TORRE DEL CASTELLANO, 59
50066

TELEFONO: **E-MAIL:**

UBICAZIONE

COMUNE	REGGELLO
LOCALITA'	TORRE DEL CASTELLANO
VIA/PIAZZA	VIA TORRE DEL CASTELLARO
NUMERO CIVICO	59
FOGLIO	83
PARTICELLA	180
FOGLIO CARTACEO	83
PARTICELLA/E CARTACEE	180

BACINO

BACINO	ARNO
SOTTO BACINO	FIUME ARNO

CARATTERISTICHE GENERALI

DATA DI INIZIO LAVORI	01/01/1900
DATA DI FINE LAVORI	01/01/1900
QUOTA DAL PIANO DI CAMPAGNA (m)	

PROFONDITA' DAL PIANO DI CAMPAGNA (m)	
--	--

SISTEMA DI PERFORAZIONE	
TIPO DI PERFORAZIONE	
DIAMETRO DI PERFORAZIONE (mm)	
DIAMETRO DI PERFORAZIONE (mm)	

CARATTERISTICHE TUBAZIONE DEFINITIVA	
MATERIALE DELLA TUBAZIONE	
DIAMETRO TUBAZIONE (mm)	
MATERIALE DELLA TUBAZIONE	
DIAMETRO TUBAZIONE (mm)	

RISULTATI PROVE DI PORTATA	
LIVELLO STATICO (m dal P.C.)	
LIVELLO DINAMICO STABILE (m)	
PORTATA CRITICA (L/sec)	
PORTATA DI ESERCIZIO (L/sec)	
PORTATA DI ESERCIZIO (L/sec)	
TRASMISSIVITA' (mq/sec)	
RAGGIO DI INFLUENZA (m)	

CARATTERISTICHE DEL PRELIEVO	
TIPO DELLA POMPA	
POTENZA DELLA POMPA (CV)	
PROFONDITA' DI POSA DELLA POMPA (m)	
PORTATA DELLA POMPA (L/sec)	

CARATTERISTICHE CHIMICO/FISICO DELL'ACQUA	
TEMPERATURA (°C)	
TEMPERATURA (°C)	
CONDUCIBILITA' ELETTRICA 20°C (S/cm)	
DUREZZA (°F)	
IONE SOLFATO (mg/L)	
IONE CLORURO (mg/L)	
IONE NITRATO (mg/L)	
IONE AMMONIO (mg/L)	
FERRO (mg/L)	
MANGANESE (mg/L)	

PP42104

AUTOSTRADA A-1 MILANO-NAPOLI tratto Incisa-Valdarno

Sigla: P2396

Tipo: pozzo

Comune: Reggello-FI

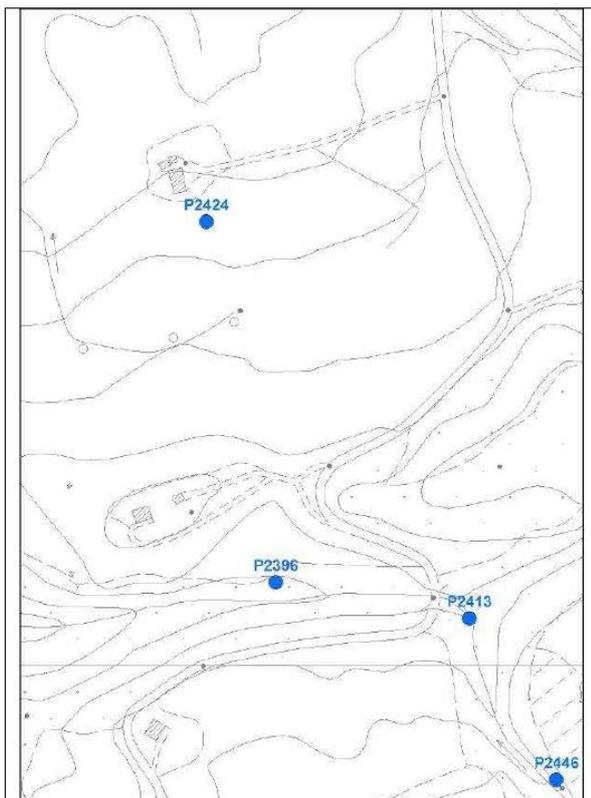
Coordinata X: 1698474

Coordinata Y: 4839079

Quota: 170 m s.l.m.

Sezione CTR: 276100

Sigla (Provincia):



Tipologia d'uso: domestico

Data misura: 17/06/2011

Note: proprietà chiusa, pozzo non accessibile, misura non effettuabile

Profondità (m)	--
Livello statico (m dal p.c.)	--
Livello dinamico (m dal p.c.)	--
Livello statico (m s.l.m.)	--
Livello dinamico (m s.l.m.)	--
Diam_rivest (cm)	--
Stratigrafia	--
Stato	--

Provincia di Firenze

DENUNCIA

N° pratica	22961
Data protocollo denuncia	05/07/2006
Numero protocollo denuncia	147388
Totale captazioni	1

Primo uso: DOMESTICO IRRIGUO ORTI E GIARDINI

Portata costante richiesta: 0.2 l/s

PP-51466

POZZO N° 51466

POSIZIONE GEOGRAFICA	
EST:	1697937,01
NORD:	4838124,79

ELENCO DEI PROPRIETARI

UBICAZIONE	
COMUNE	REGGELLO
LOCALITA'	BRUSCHETO
VIA/PIAZZA	
NUMERO CIVICO	
FOGLIO	90
PARTICELLA	570
FOGLIO CARTACEO	90
PARTICELLA/E CARTACEE	570

BACINO	
BACINO	ARNO
SOTTO BACINO	FIUME ARNO

CARATTERISTICHE GENERALI	
DATA DI INIZIO LAVORI	
DATA DI FINE LAVORI	
QUOTA DAL PIANO DI CAMPAGNA (m)	
PROFONDITA' DAL PIANO DI CAMPAGNA (m)	

SISTEMA DI PERFORAZIONE	
TIPO DI PERFORAZIONE	
DIAMETRO DI PERFORAZIONE (mm)	
DIAMETRO DI PERFORAZIONE (mm)	

CARATTERISTICHE TUBAZIONE DEFINITIVA	
MATERIALE DELLA TUBAZIONE	
DIAMETRO TUBAZIONE (mm)	
MATERIALE DELLA TUBAZIONE	
DIAMETRO TUBAZIONE (mm)	

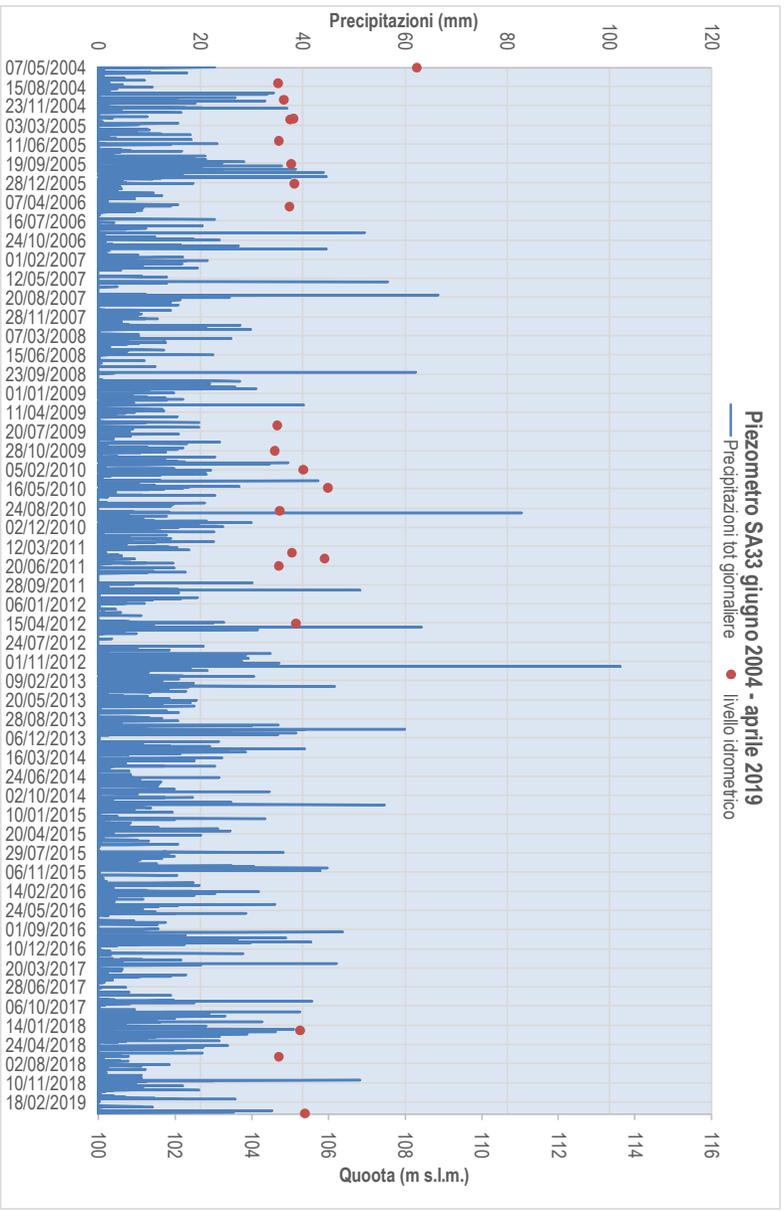
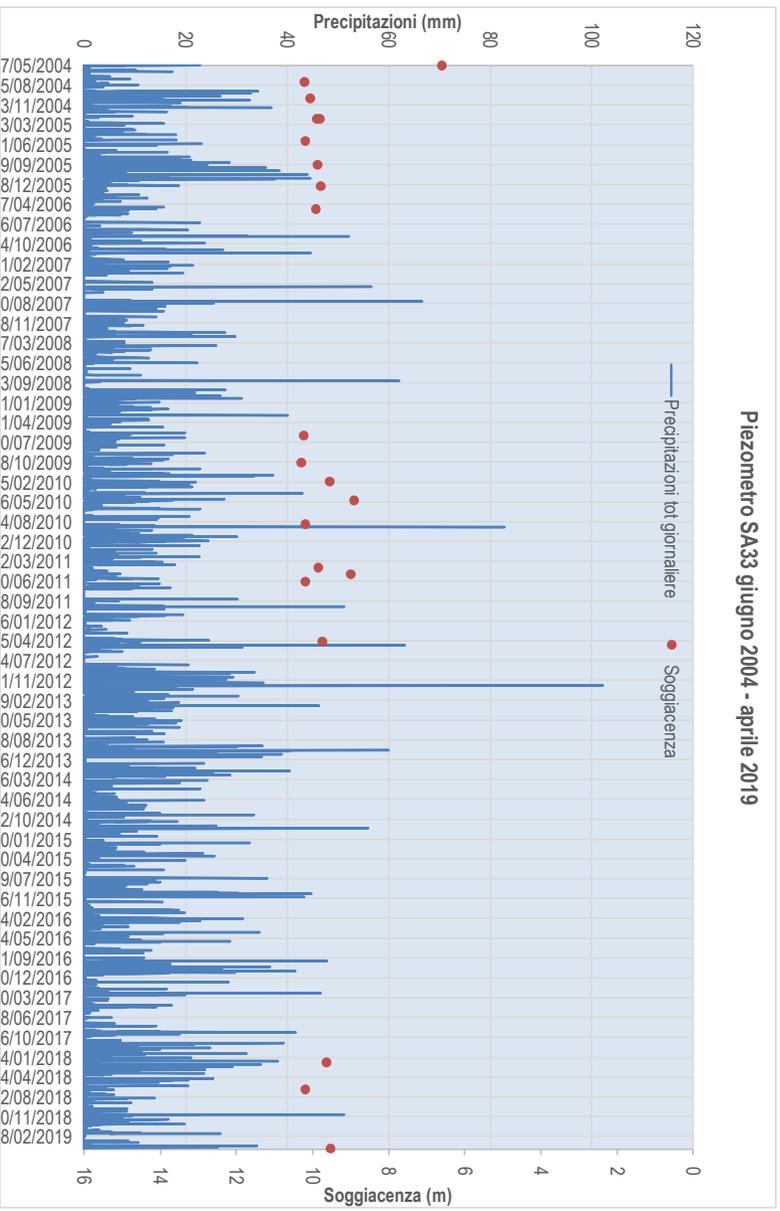
RISULTATI PROVE DI PORTATA	
LIVELLO STATICO (m dal P.C.)	
LIVELLO DINAMICO STABILE (m)	
PORTATA CRITICA (L/sec)	
PORTATA DI ESERCIZIO (L/sec)	
PORTATA DI ESERCIZIO (L/sec)	
TRASMISSIVITA' (mq/sec)	
RAGGIO DI INFLUENZA (m)	

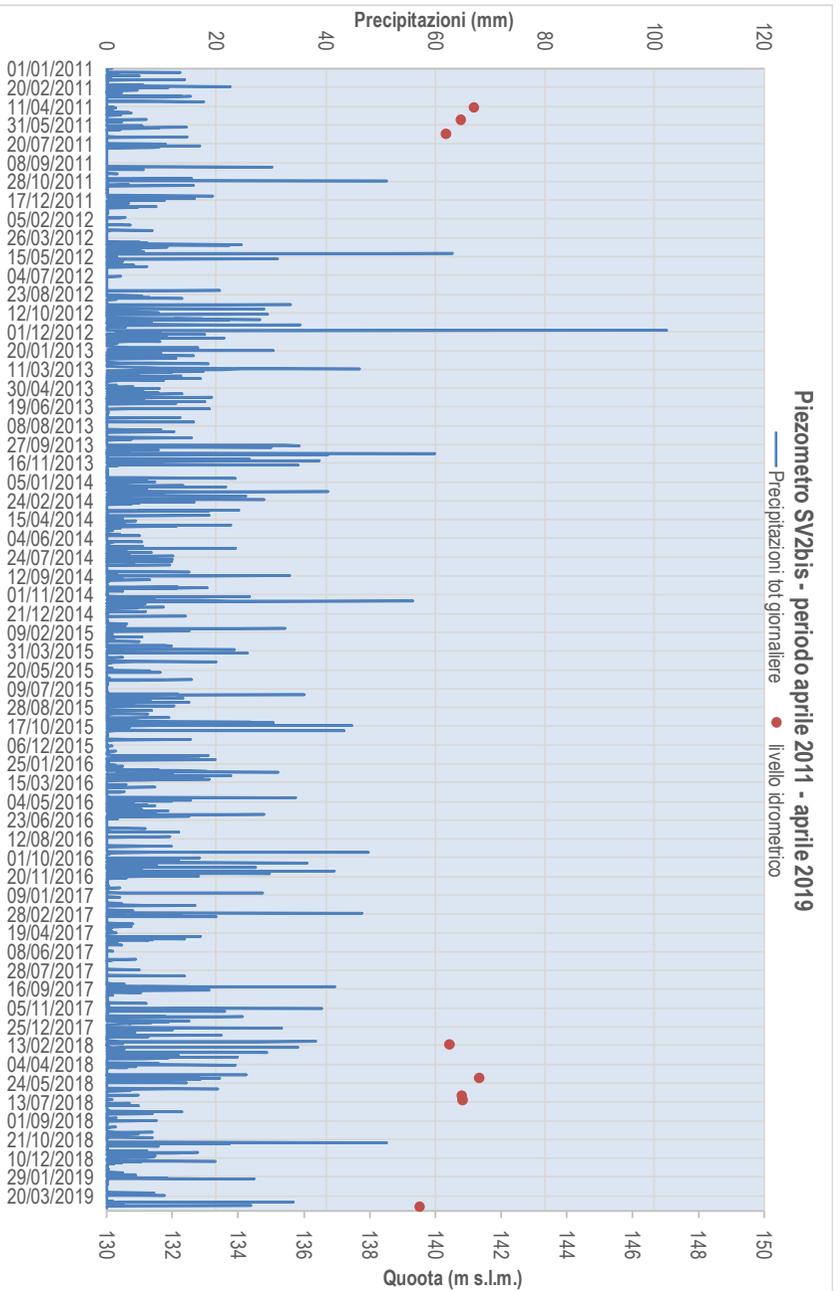
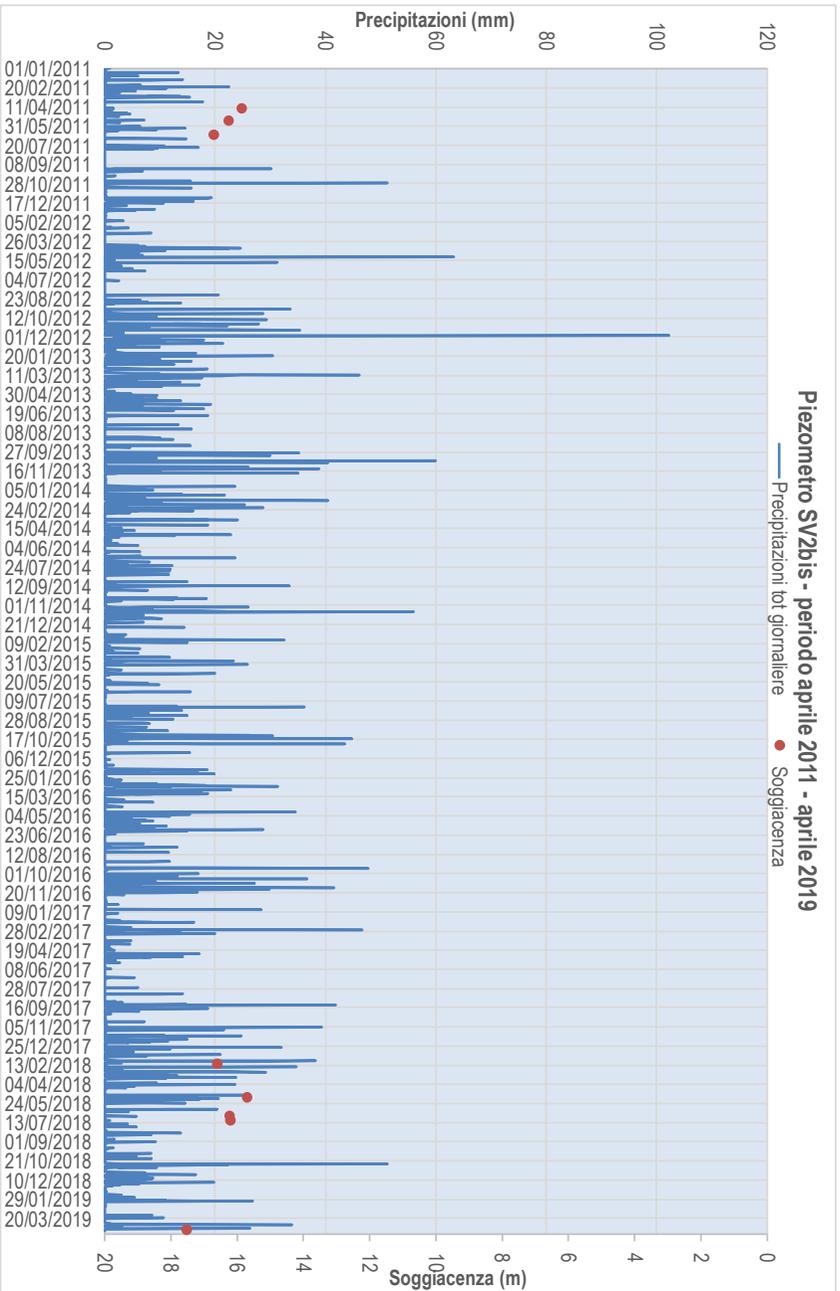
CARATTERISTICHE DEL PRELIEVO	
TIPO DELLA POMPA	
POTENZA DELLA POMPA (CV)	
PROFONDITA' DI POSA DELLA POMPA (m)	
PORTATA DELLA POMPA (L/sec)	

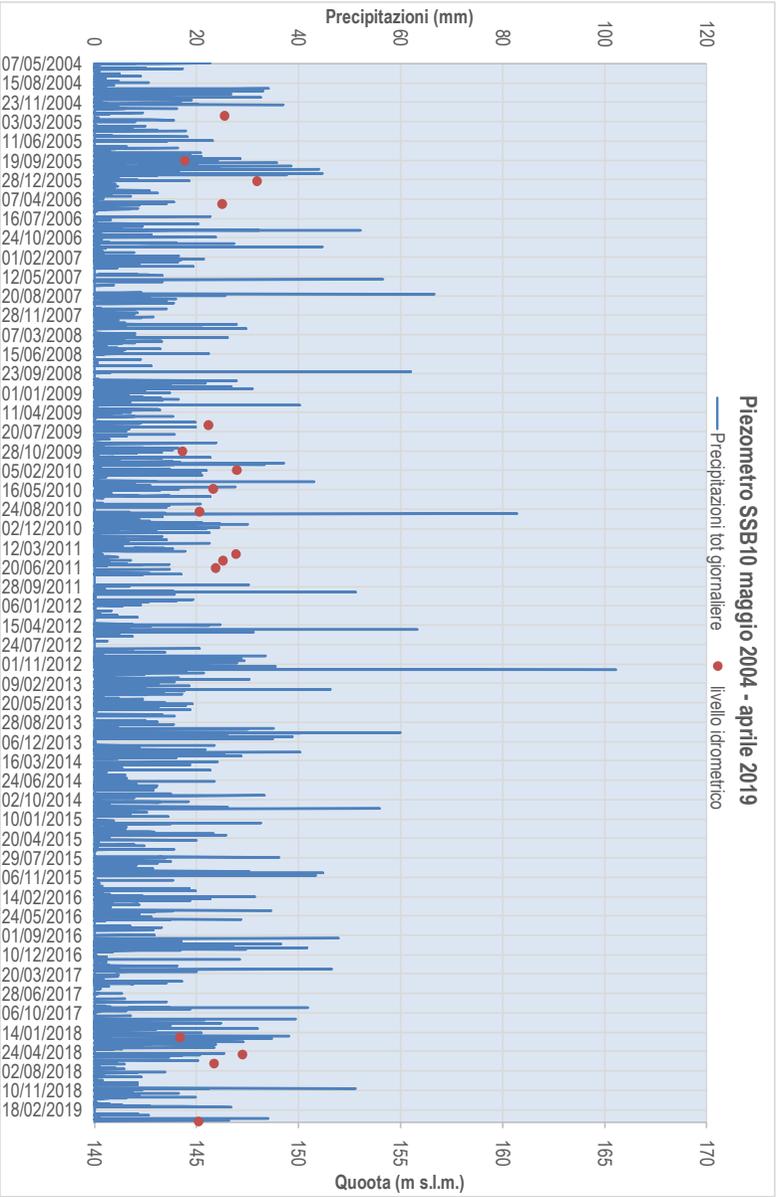
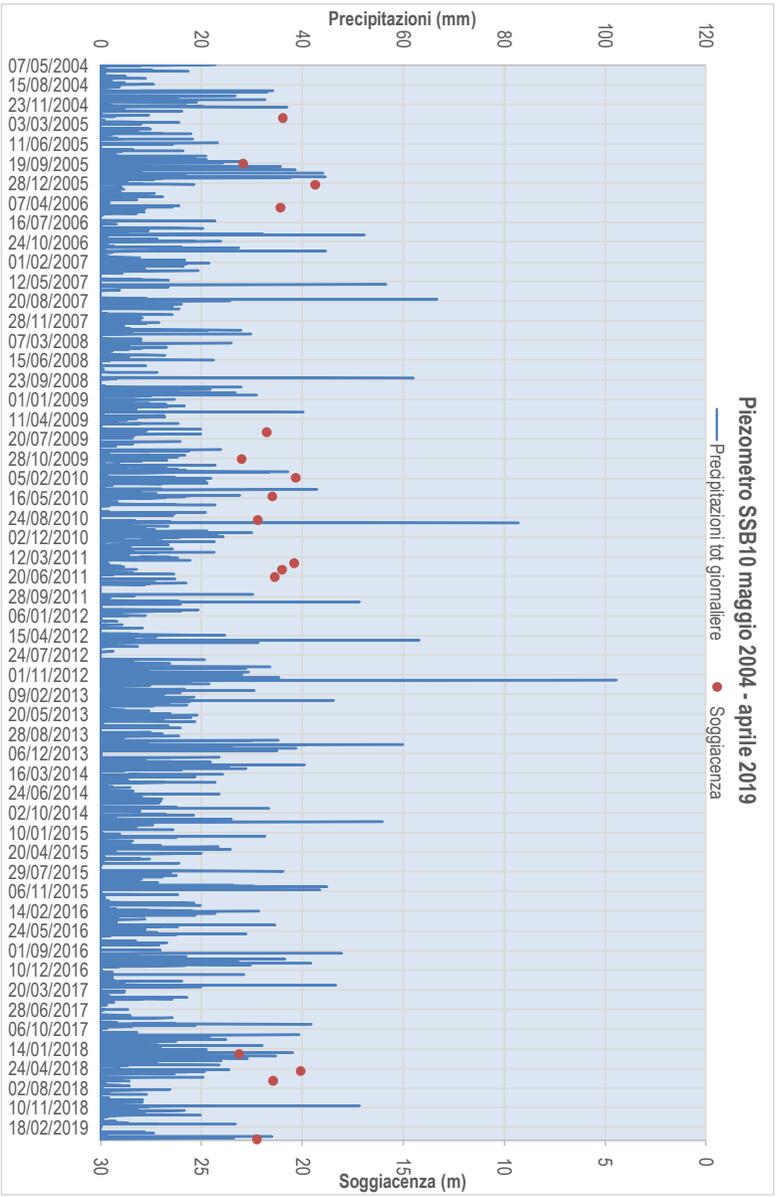
CARATTERISTICHE CHIMICO/FISICO DELL'ACQUA	
TEMPERATURA (°C)	
TEMPERATURA (°C)	

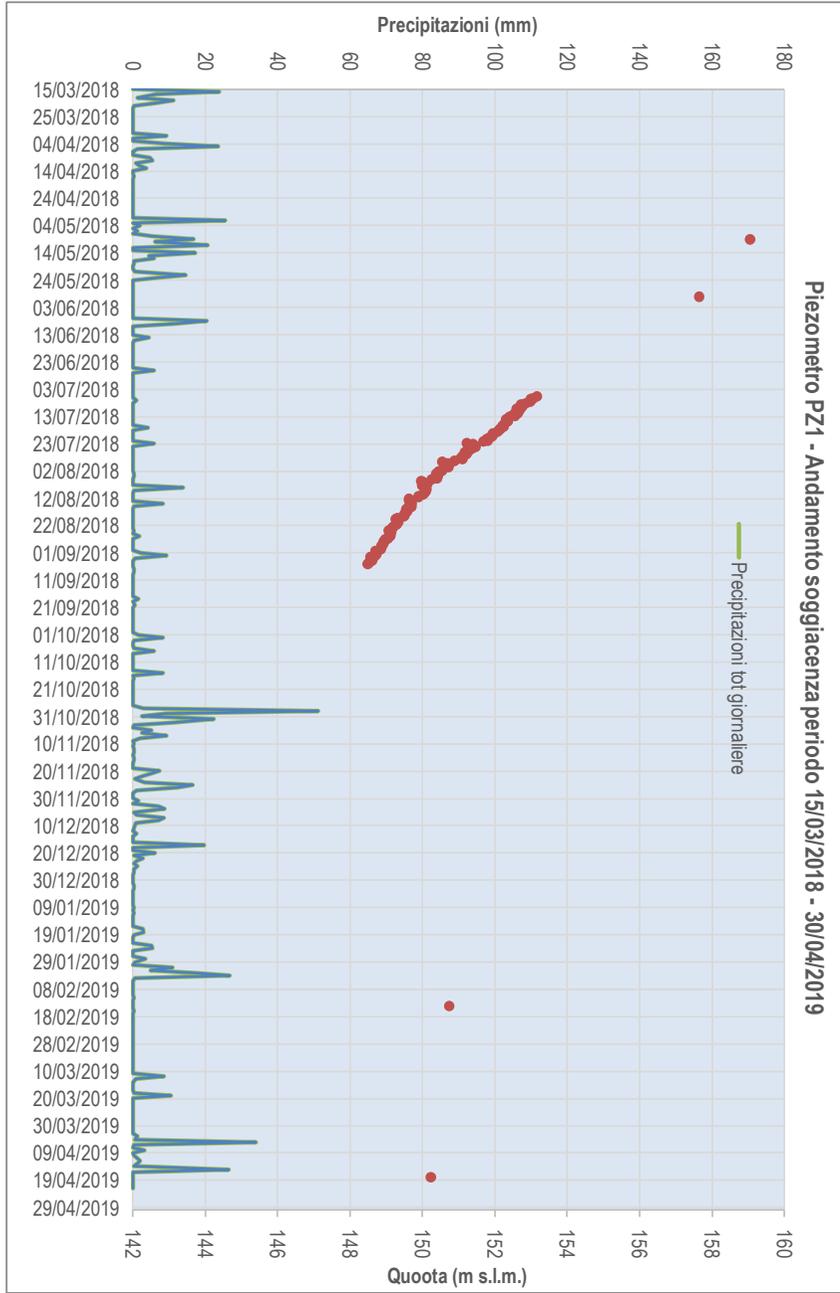
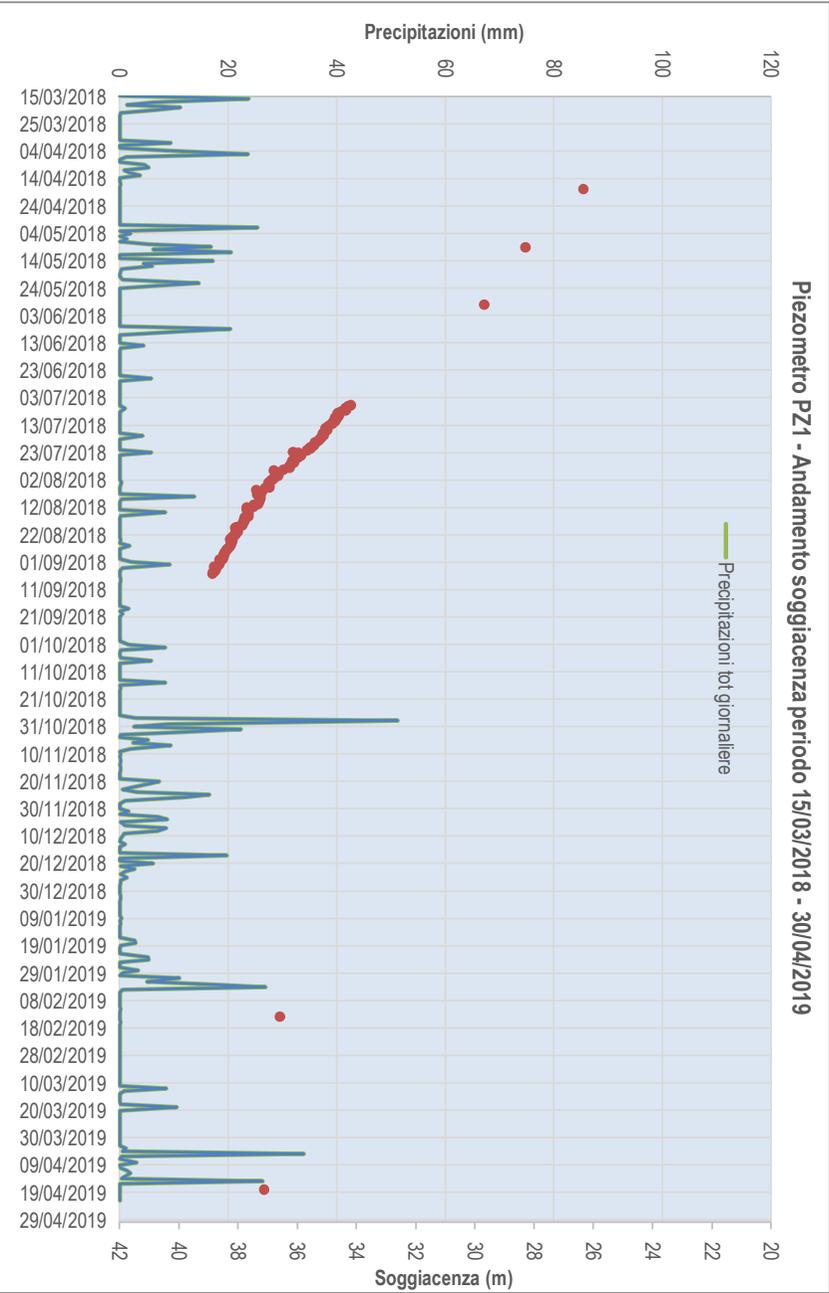
CONDUCIBILITA' ELETTRICA 20°C (S/cm)	
DUREZZA (°F)	
IONE SOLFATO (mg/L)	
IONE CLORURO (mg/L)	
IONE NITRATO (mg/L)	
IONE AMMONIO (mg/L)	
FERRO (mg/L)	
MANGANESE (mg/L)	

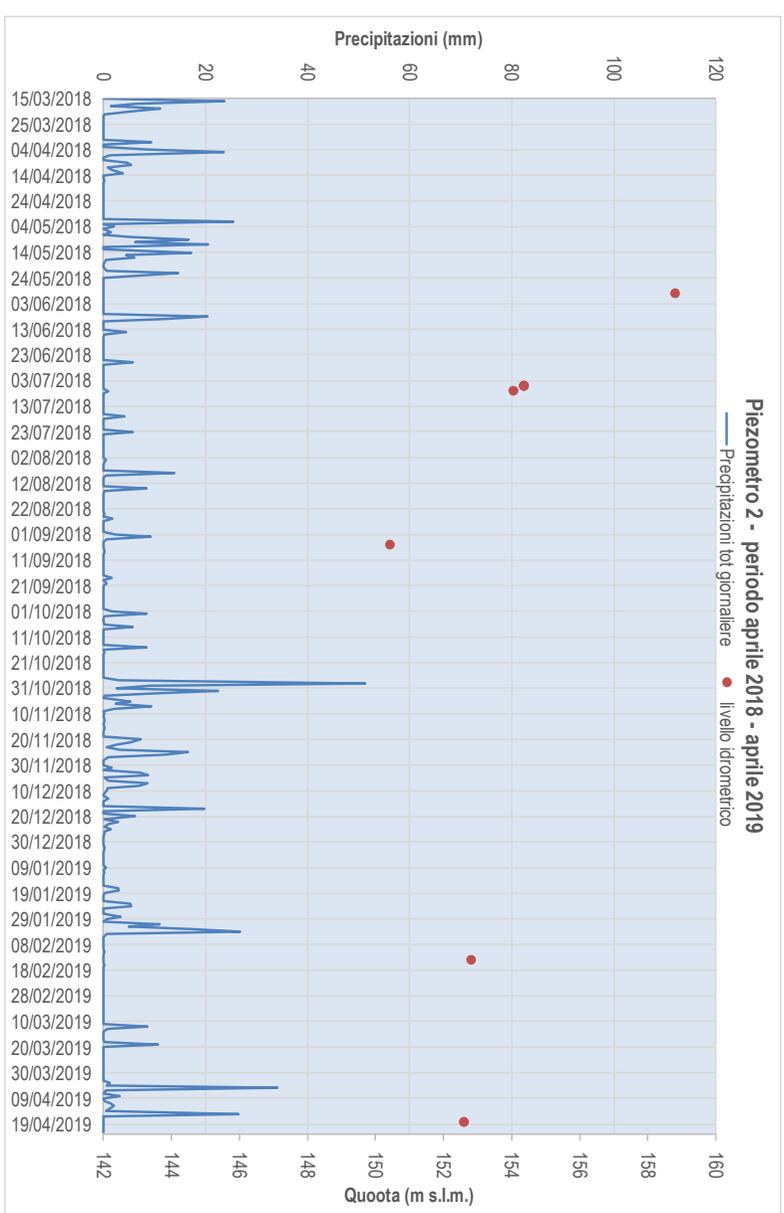
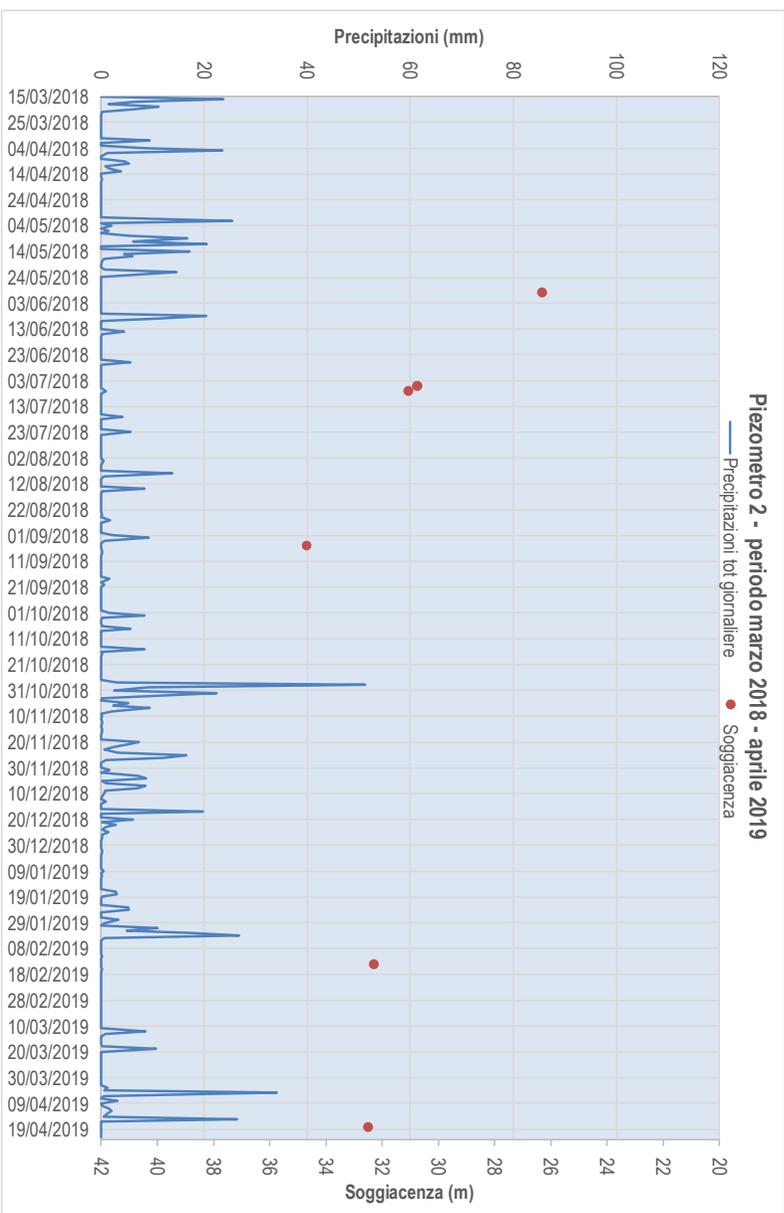
ALLEGATO 2 - Andamenti grafici delle misurazioni piezometriche

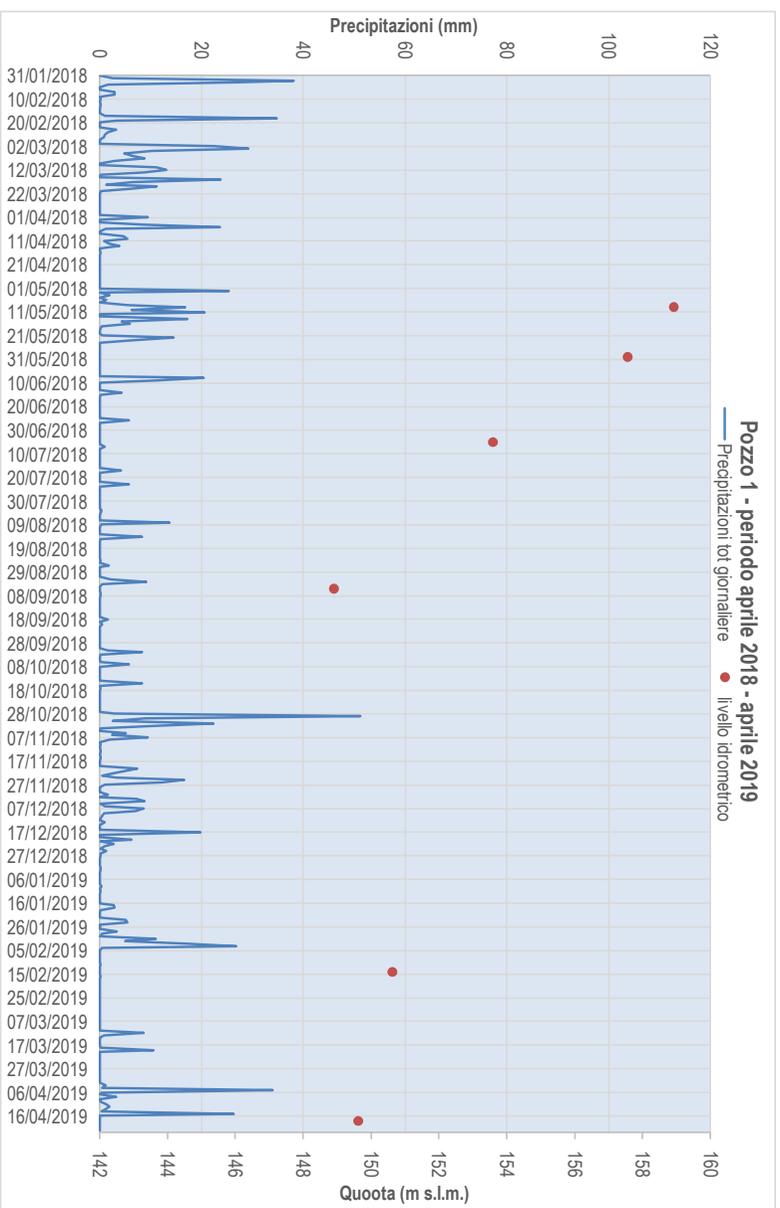
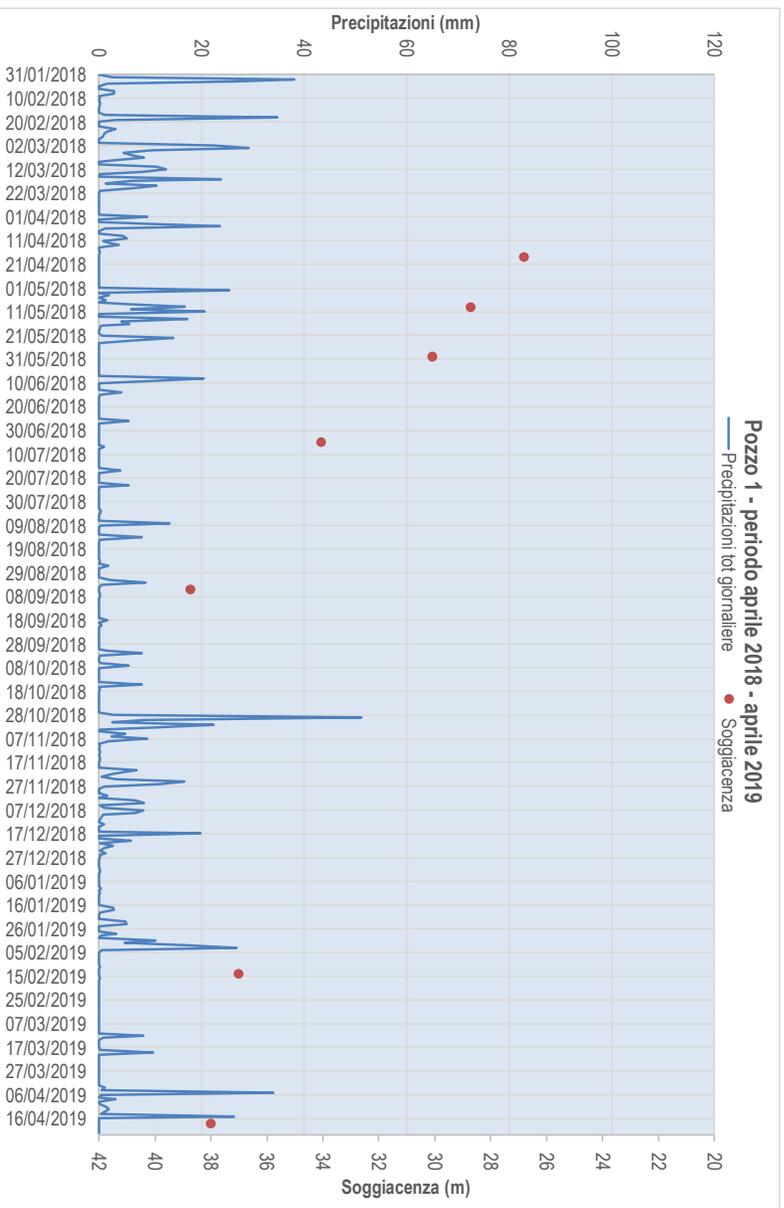


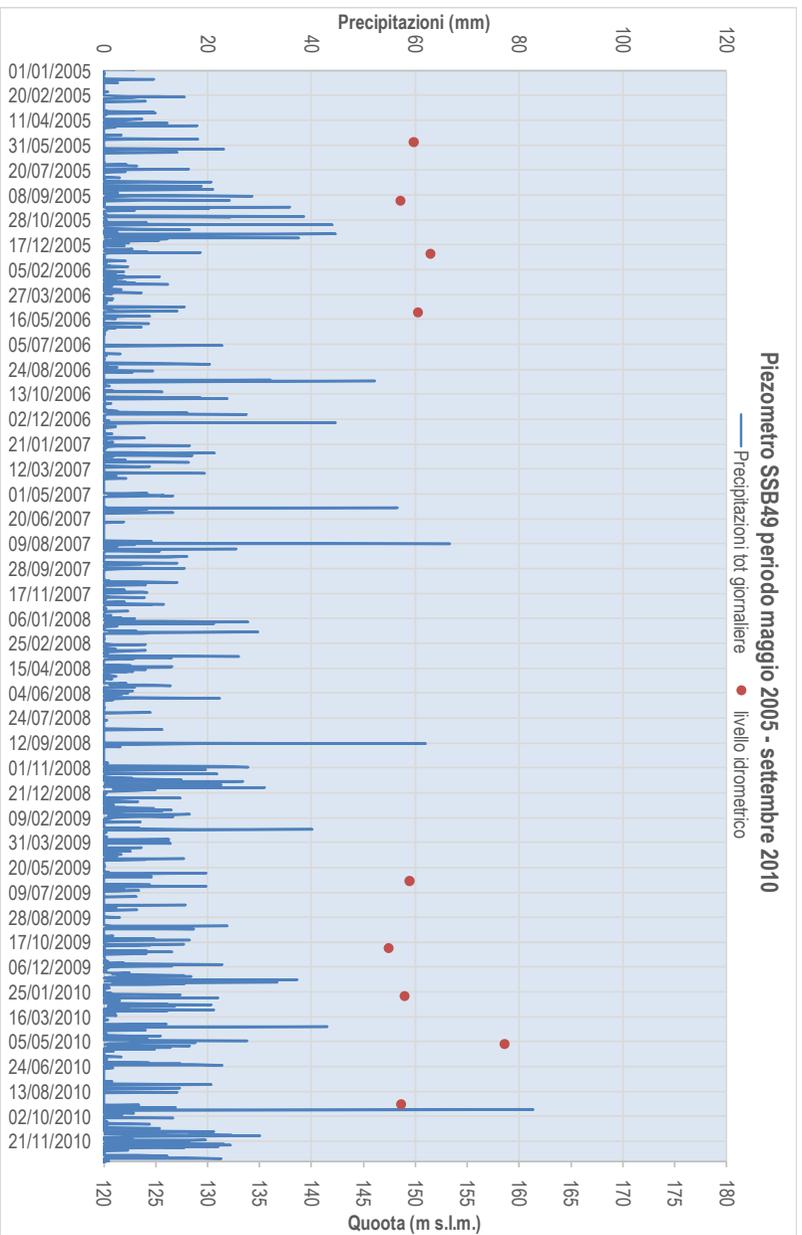
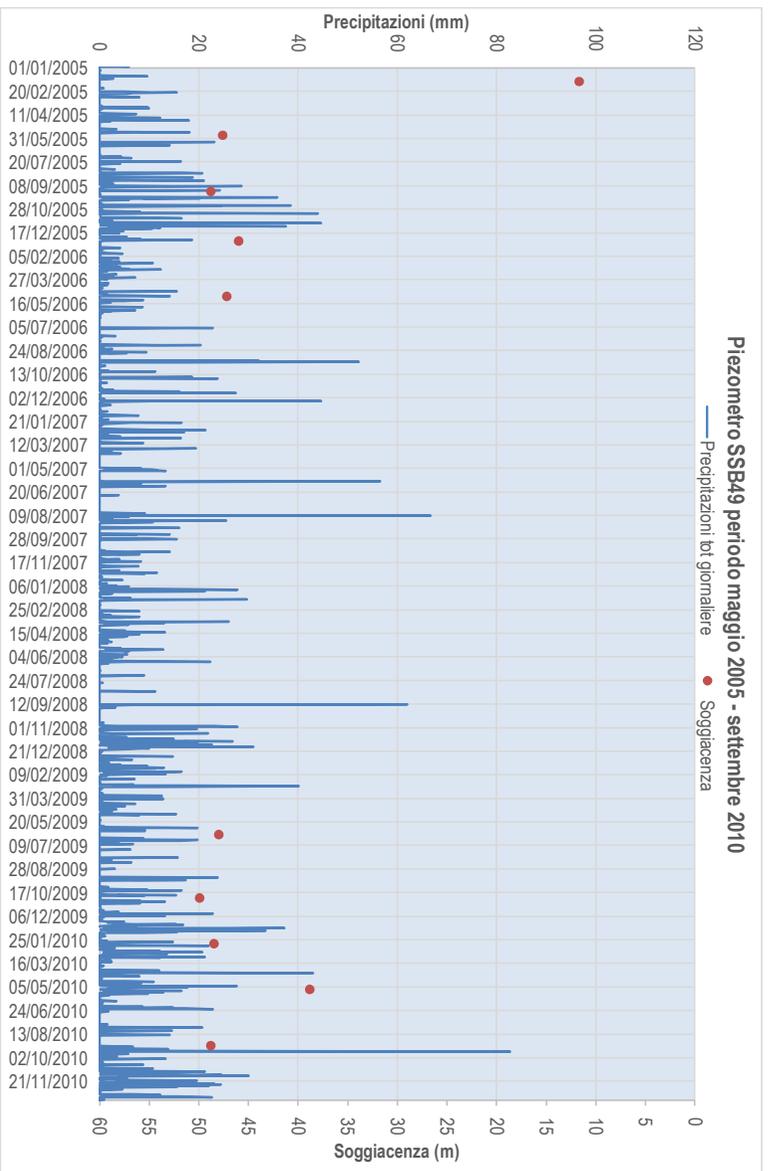


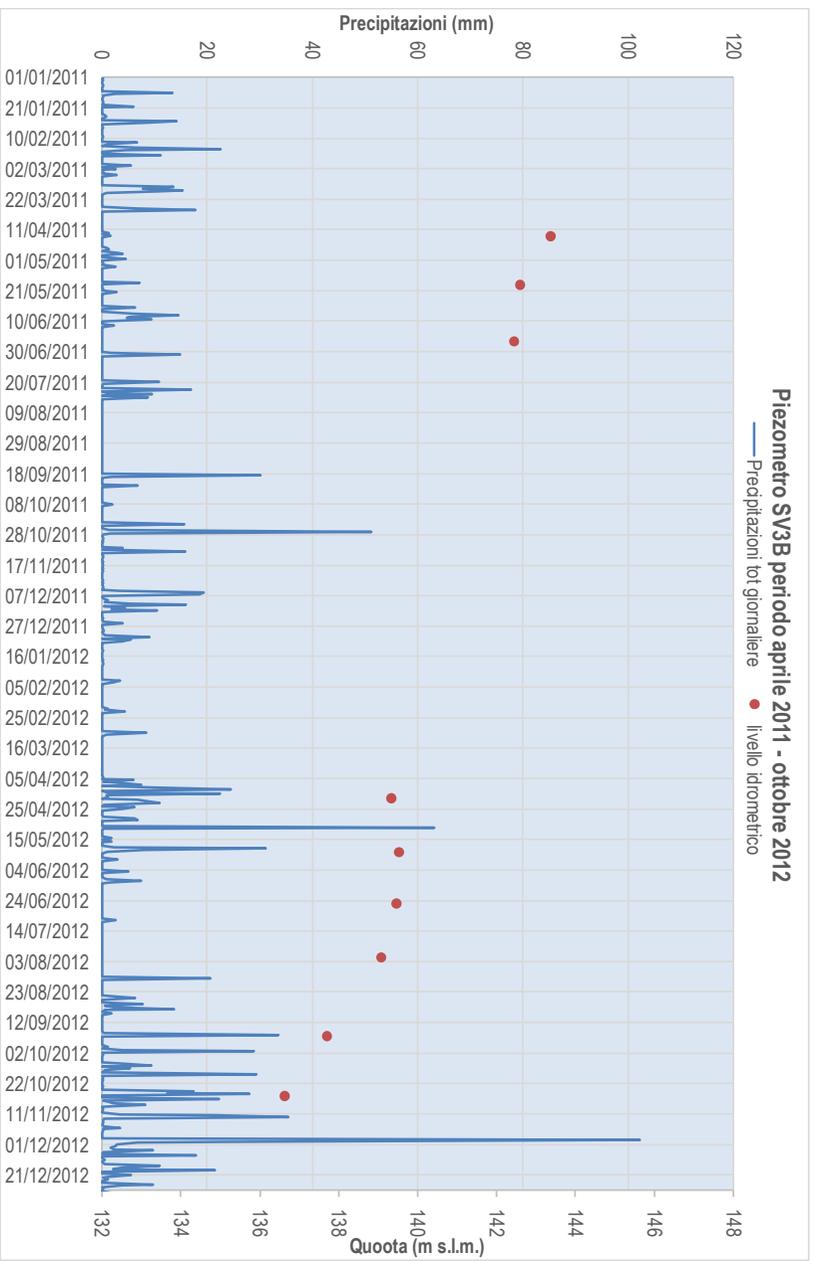
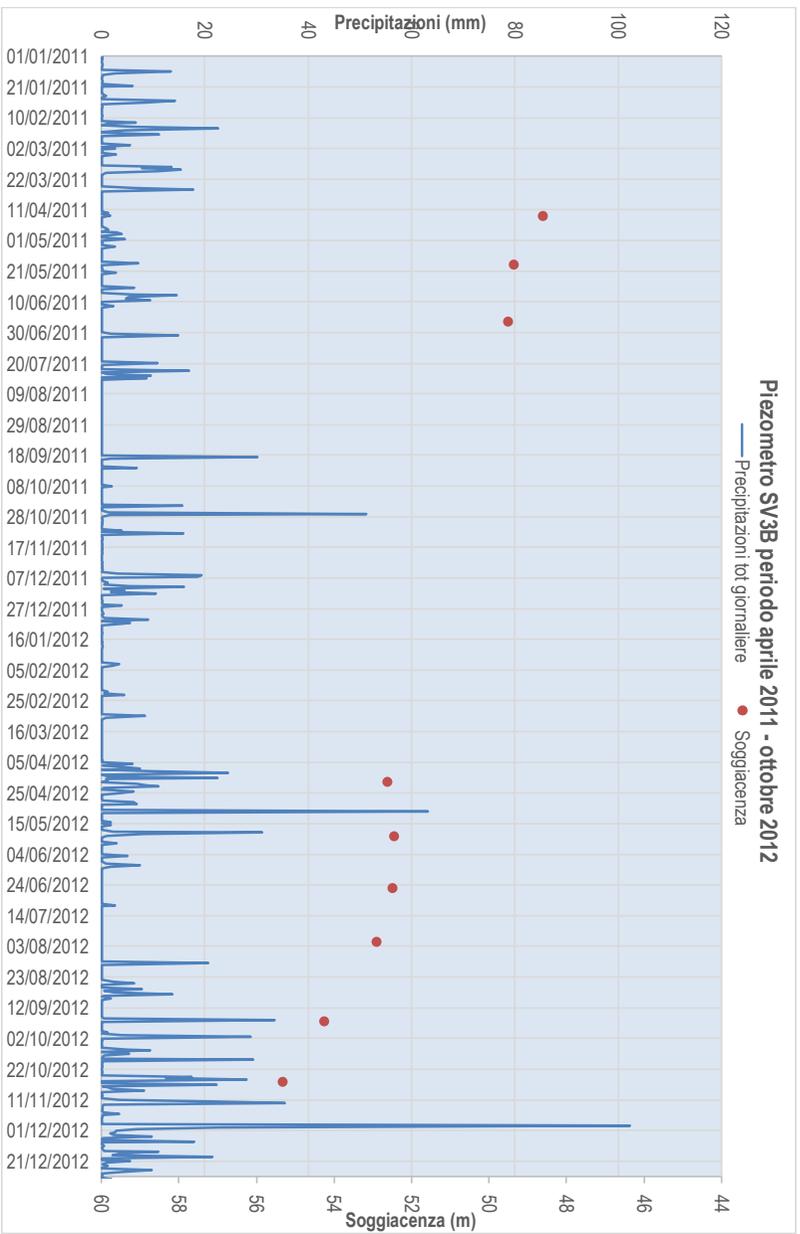


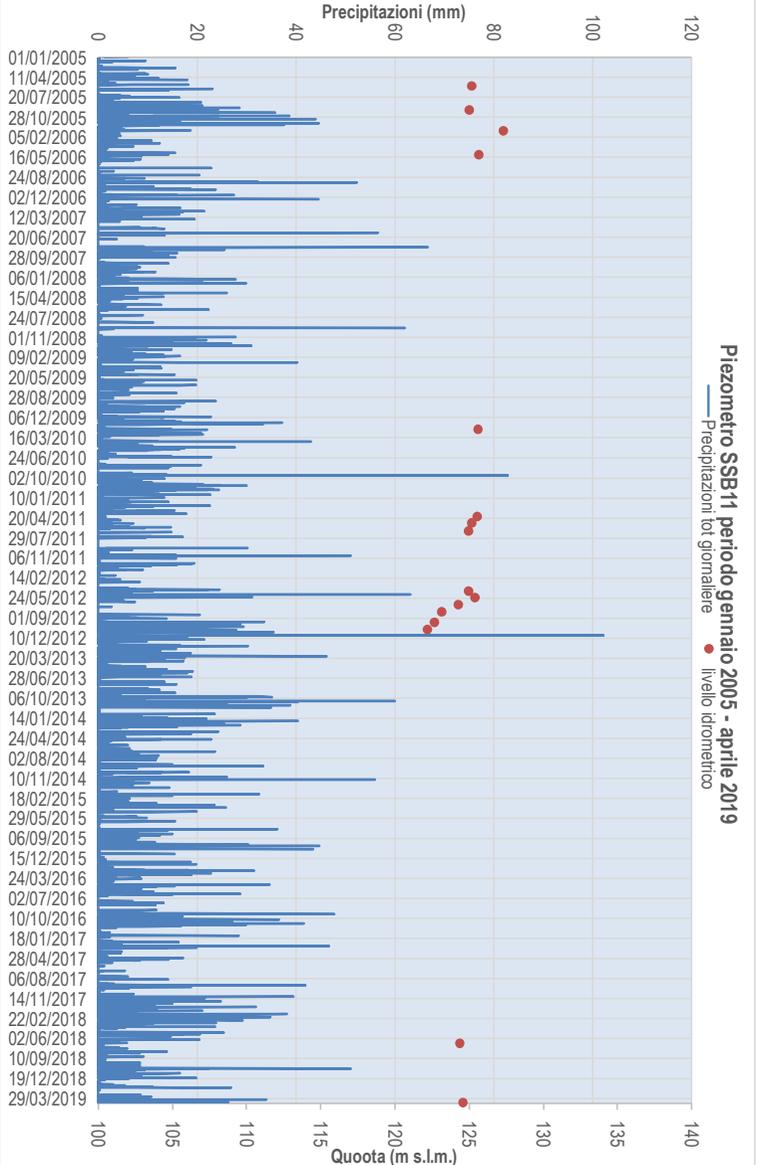
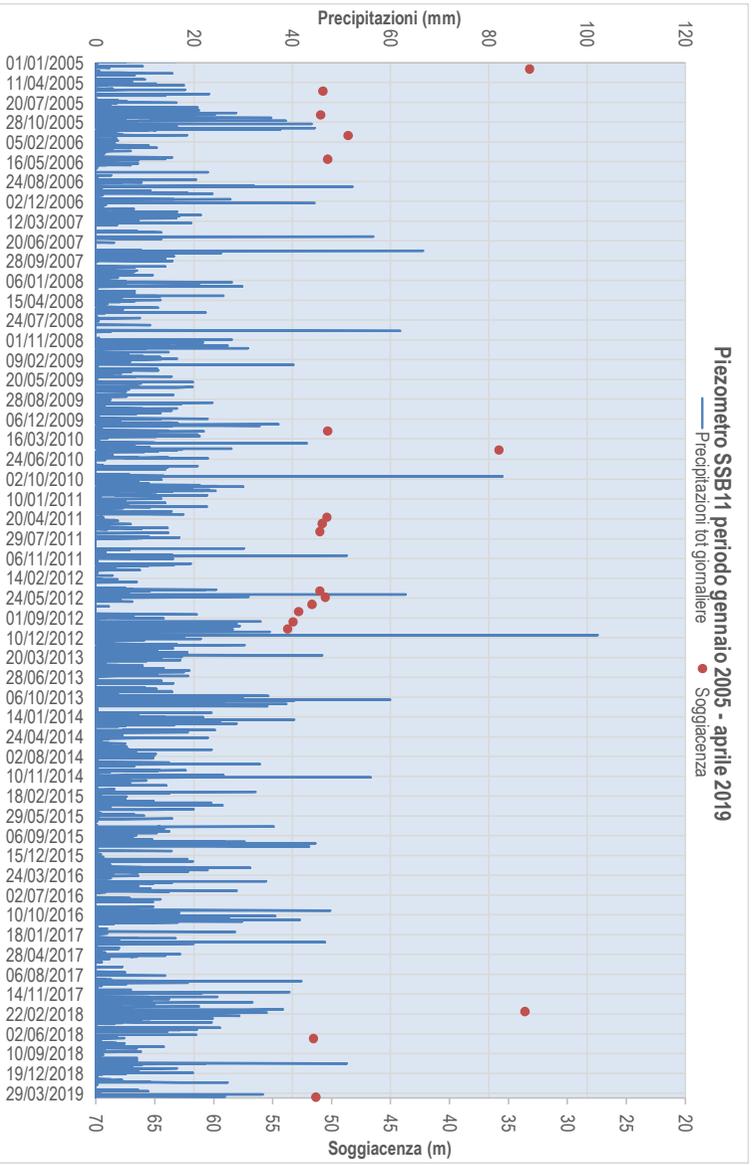


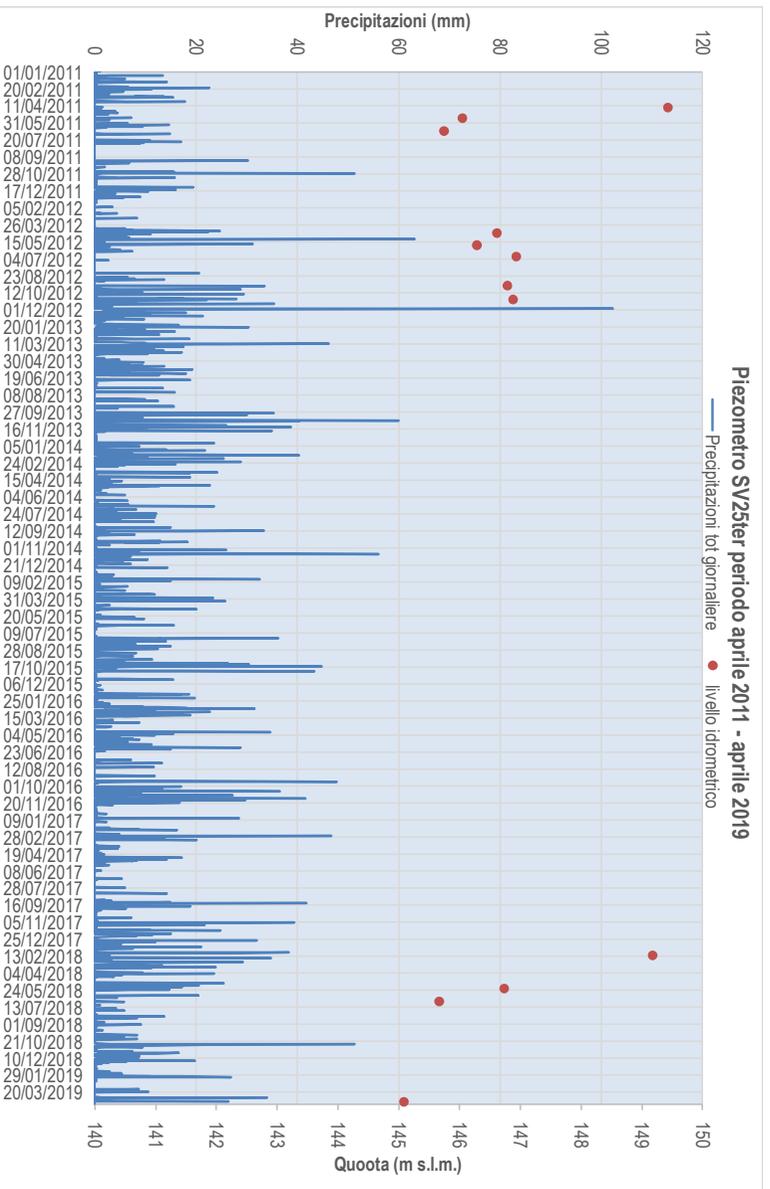
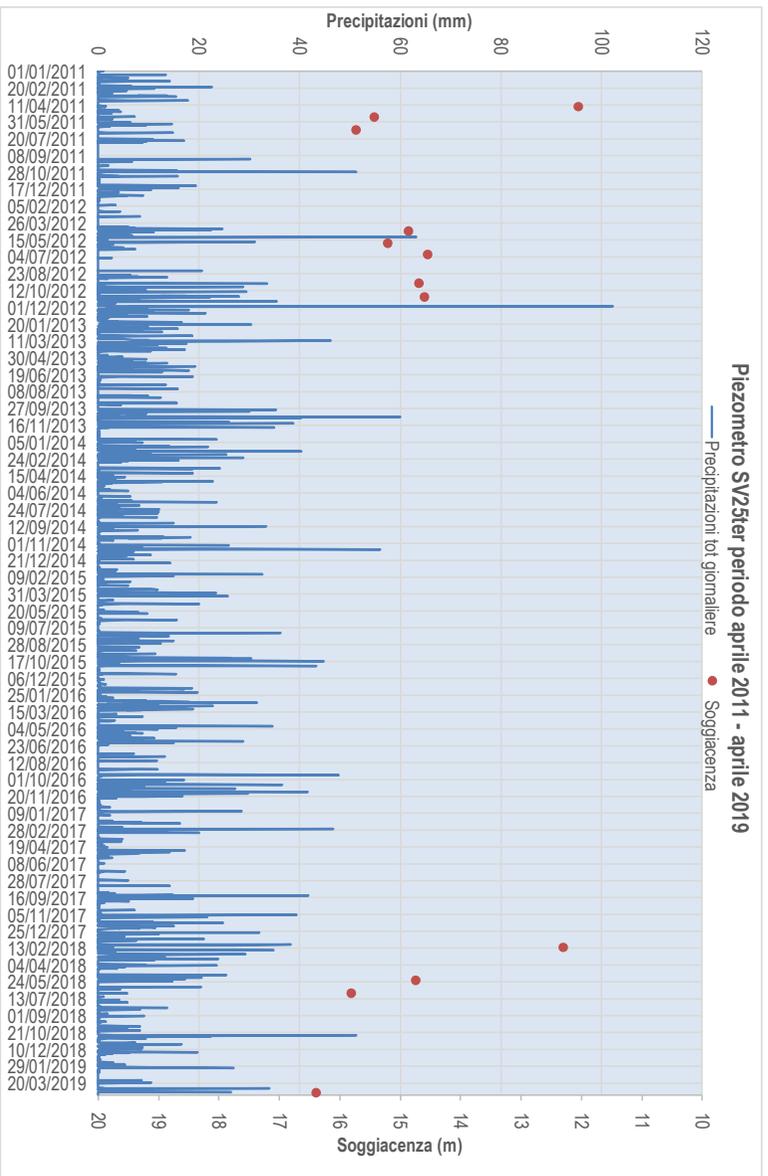


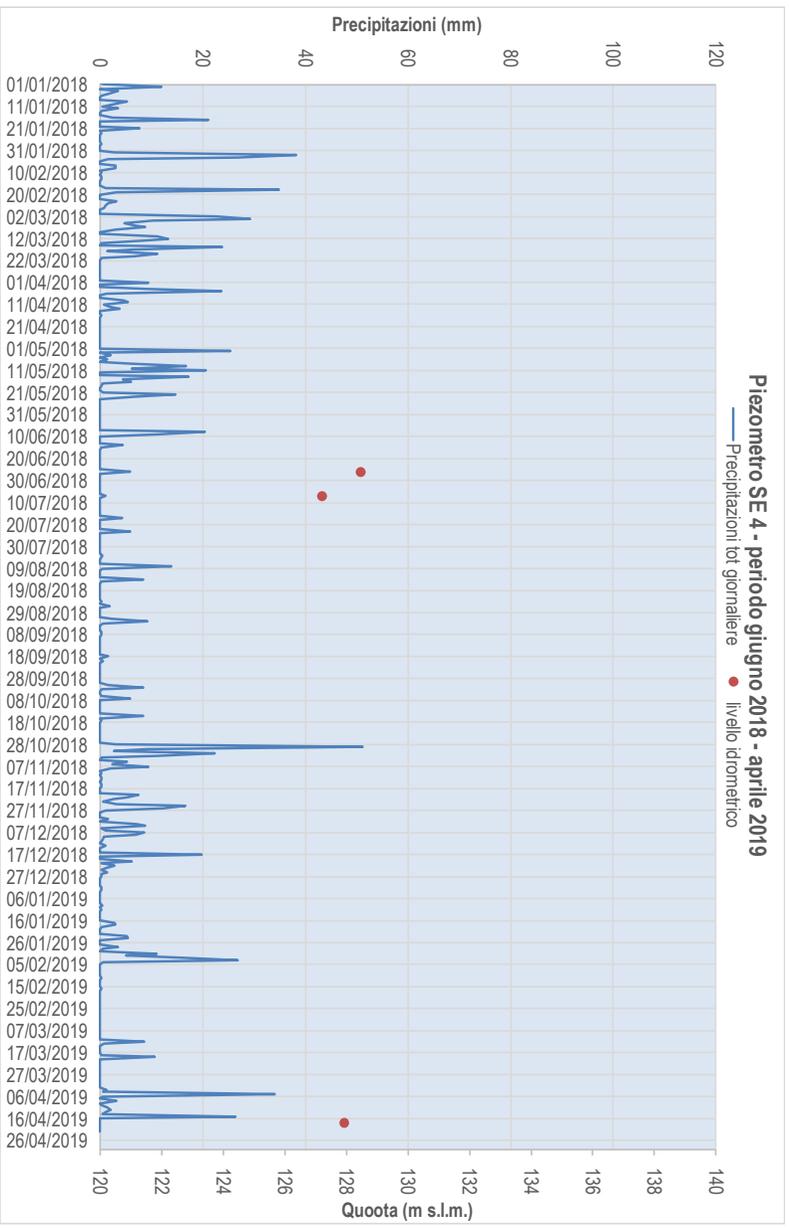
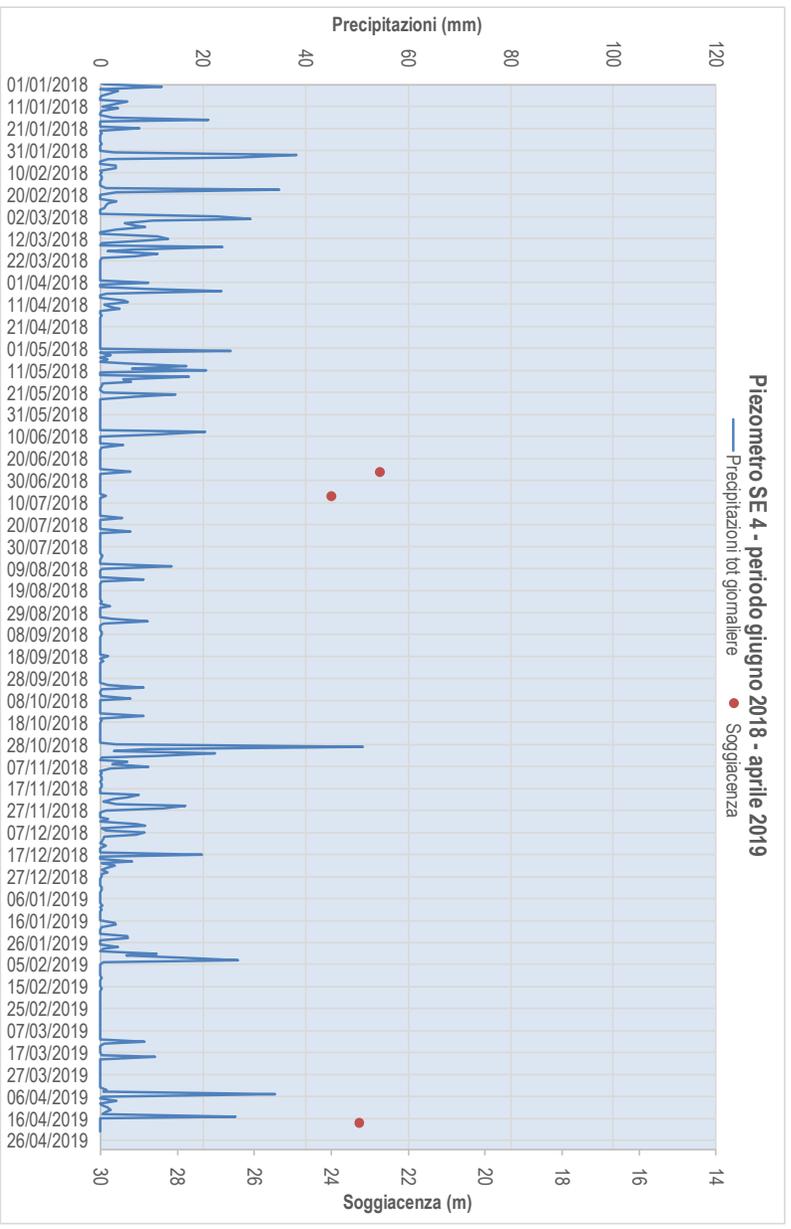


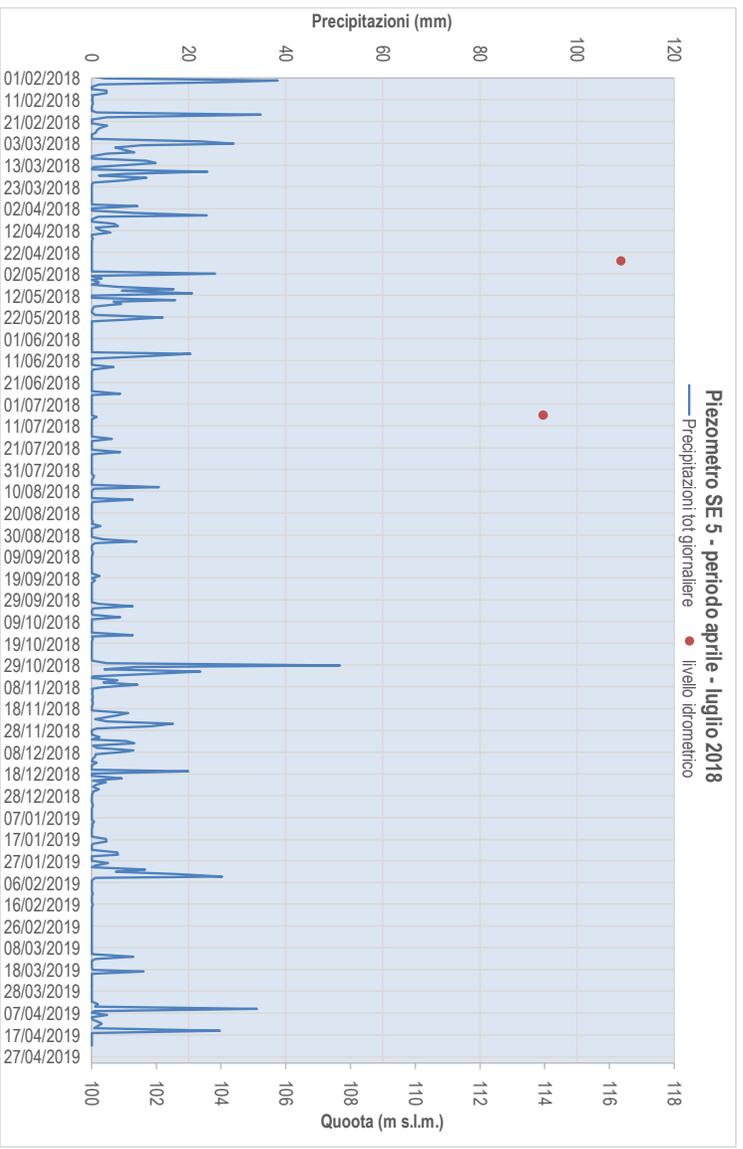
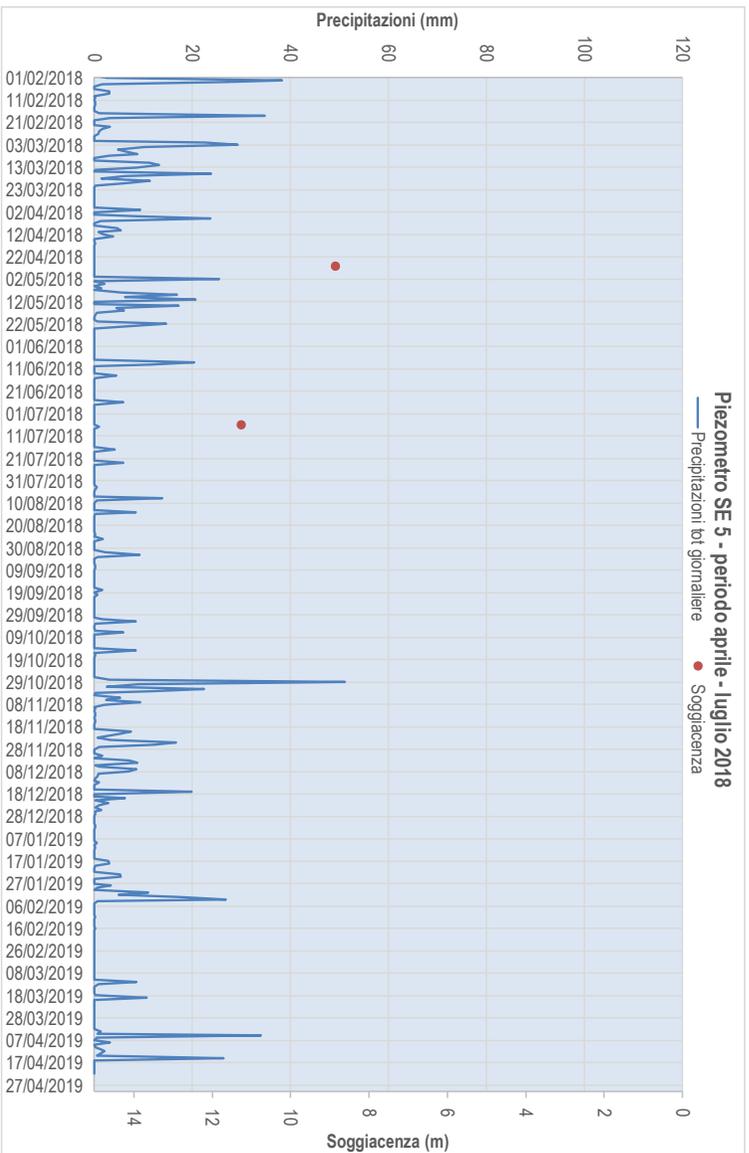


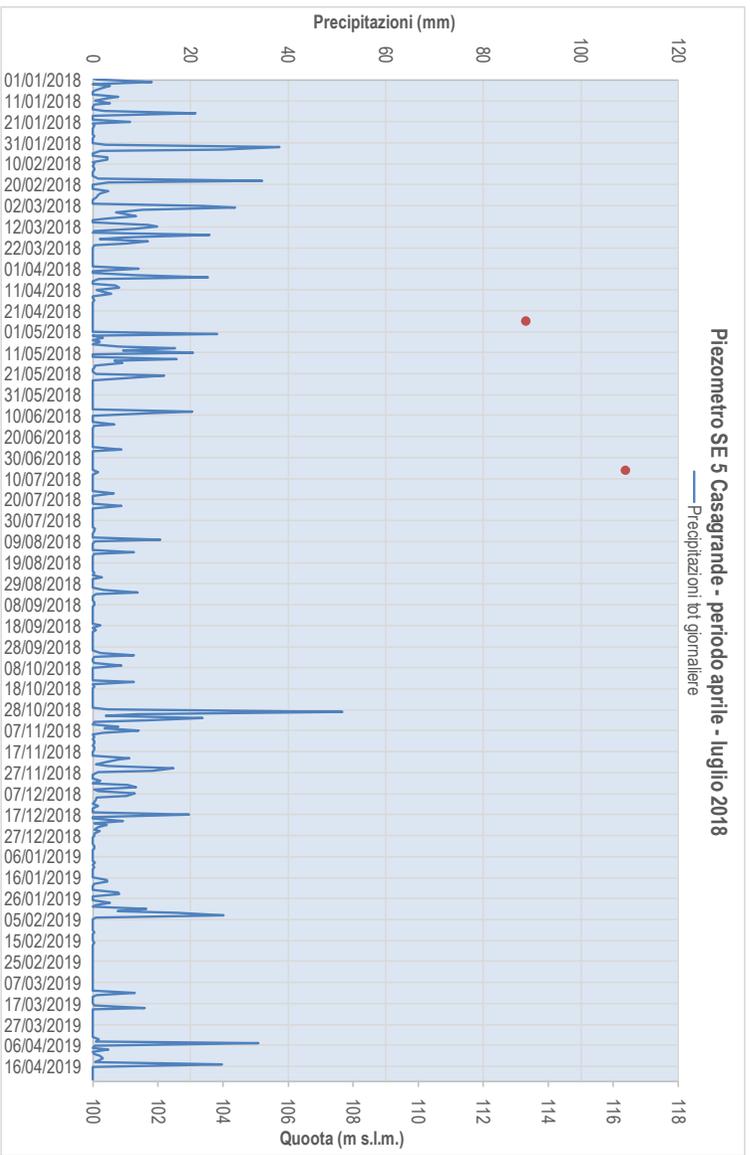
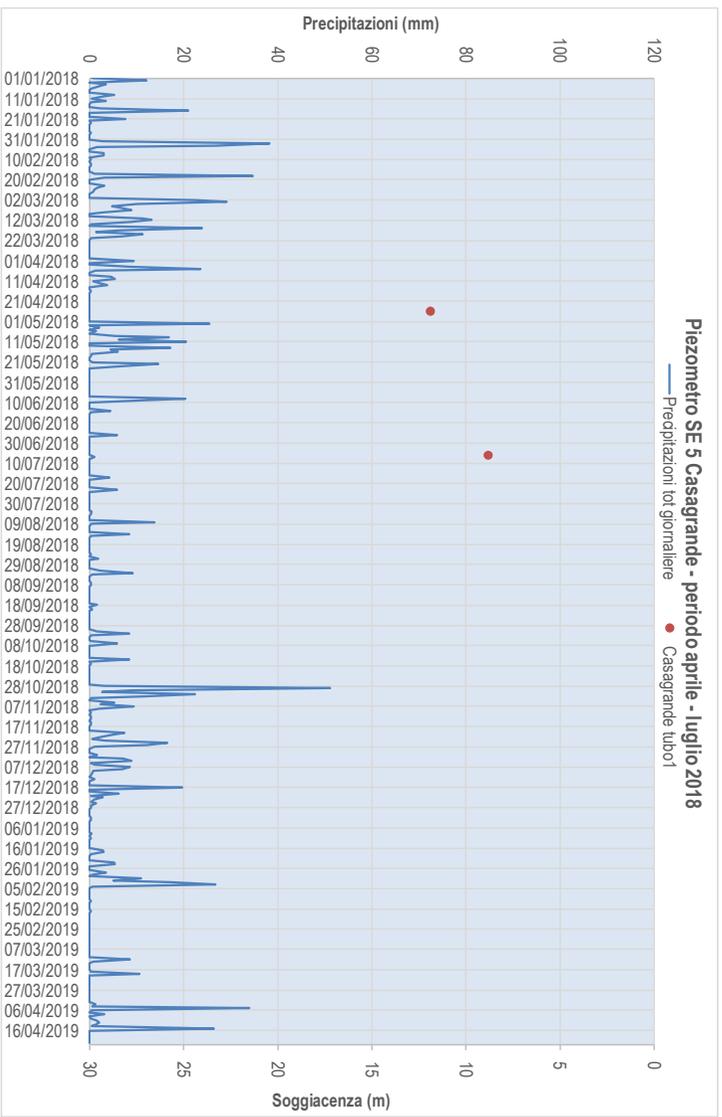


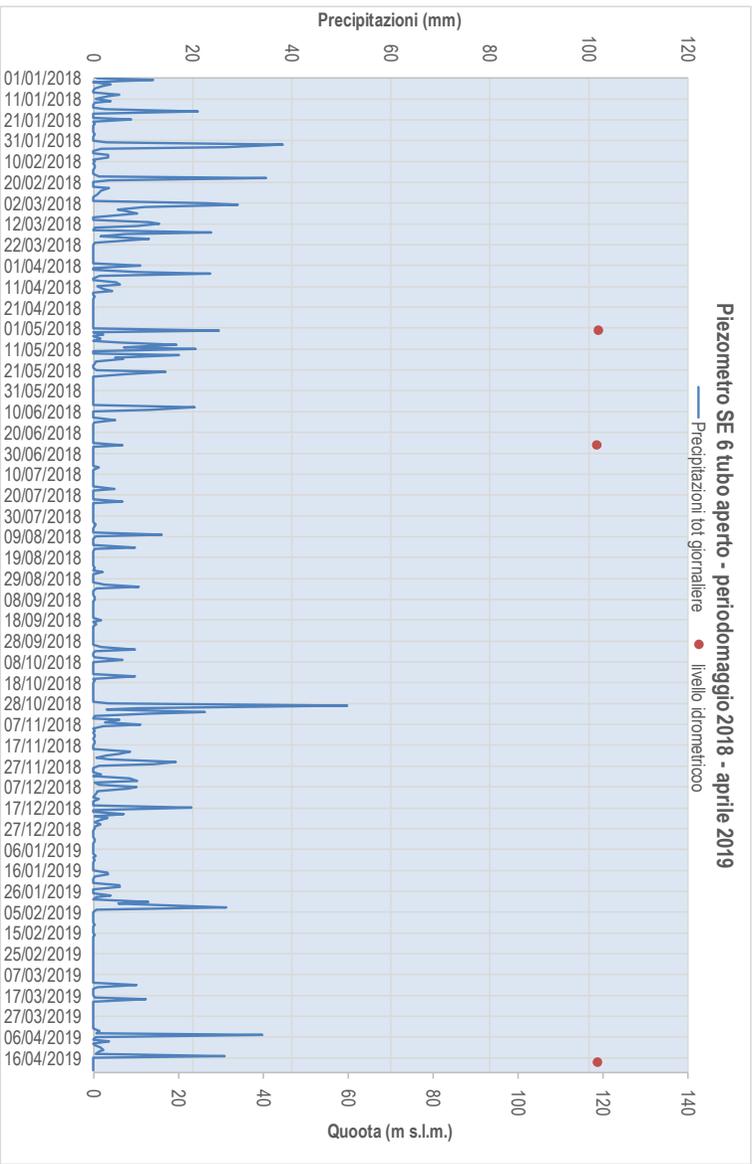
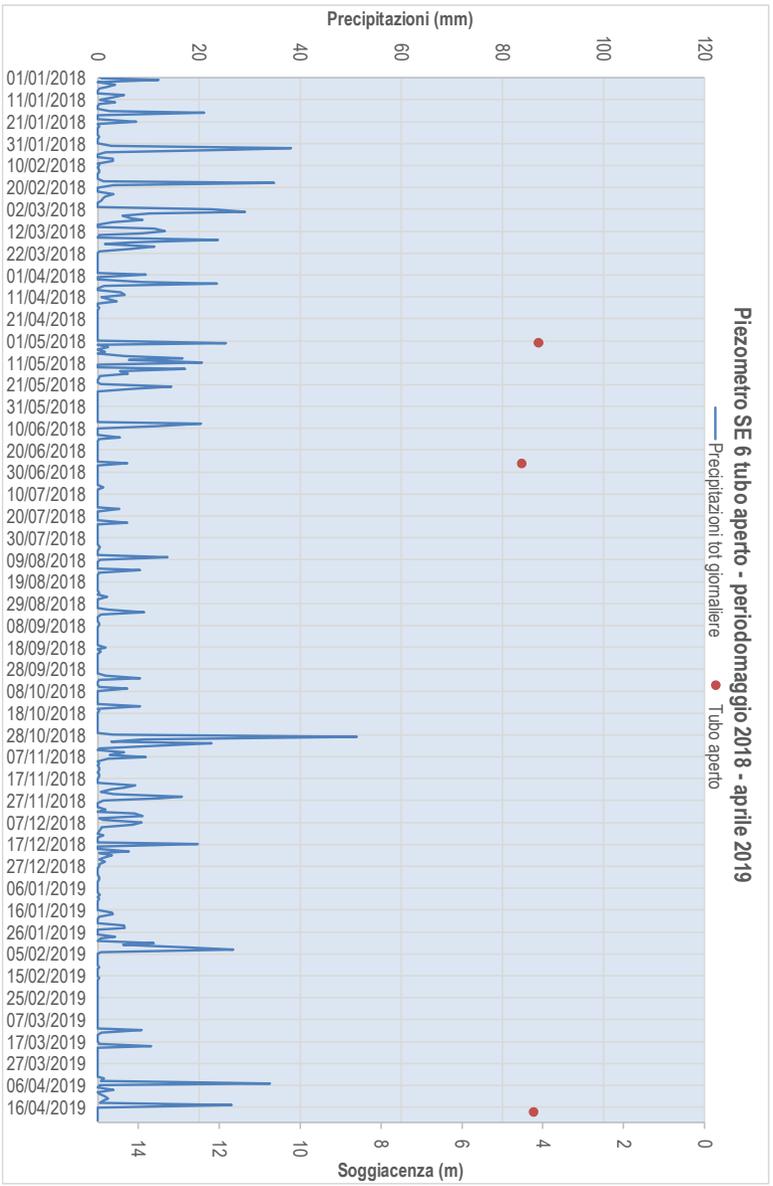


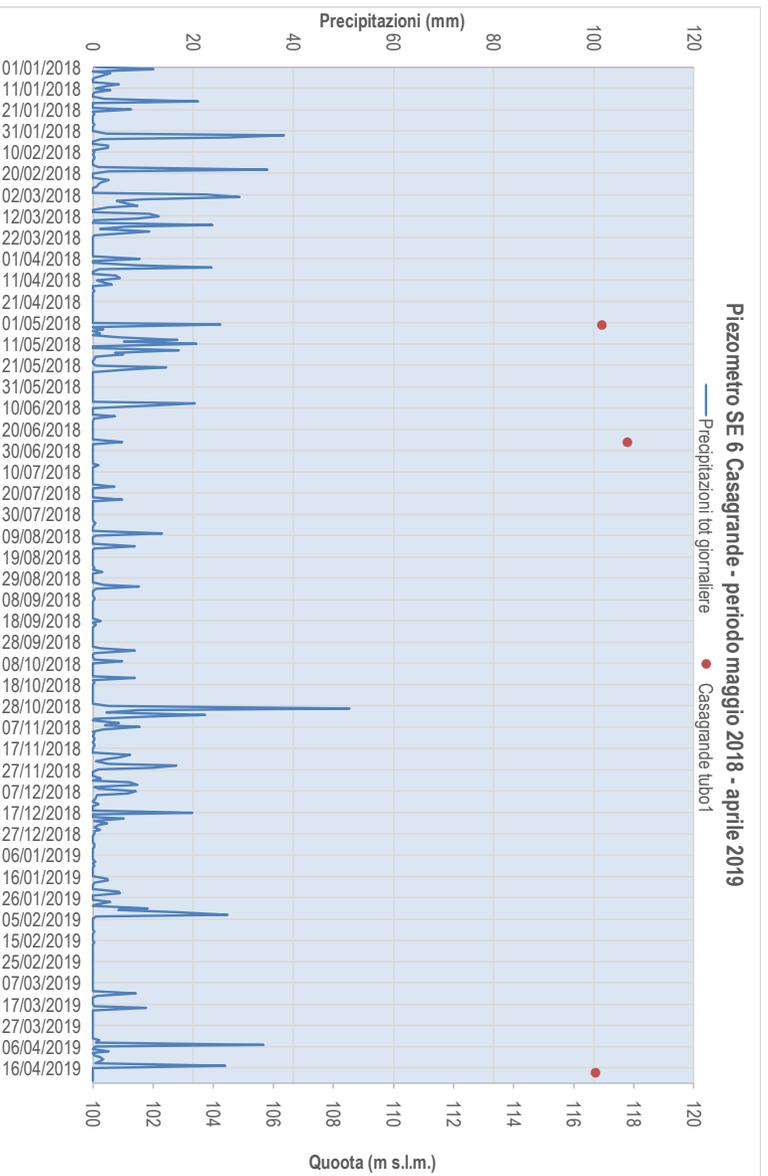
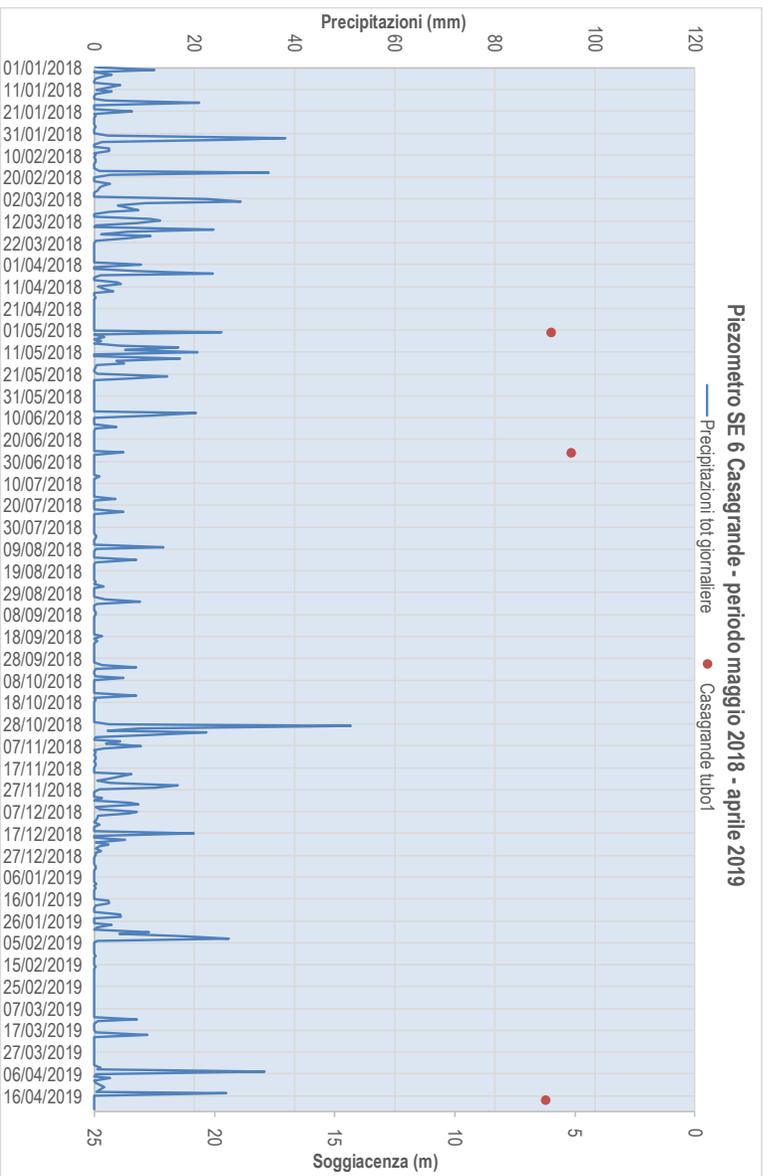


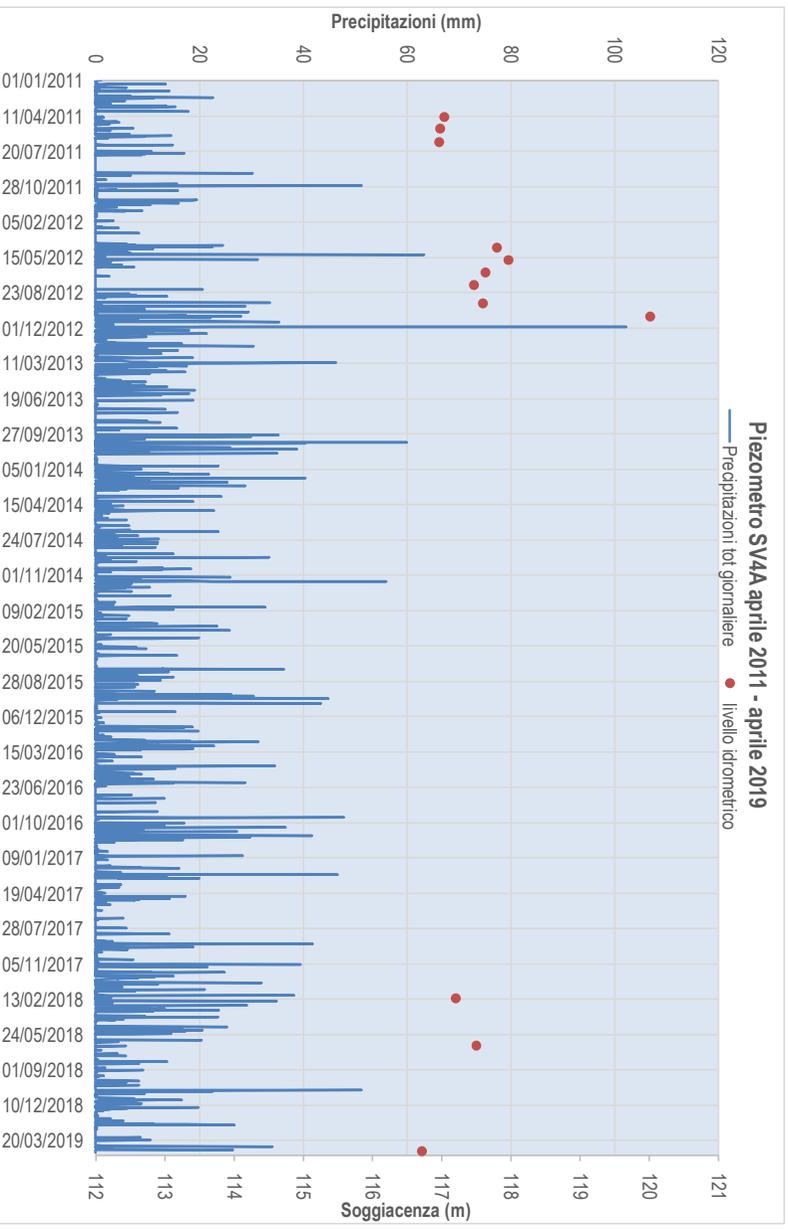
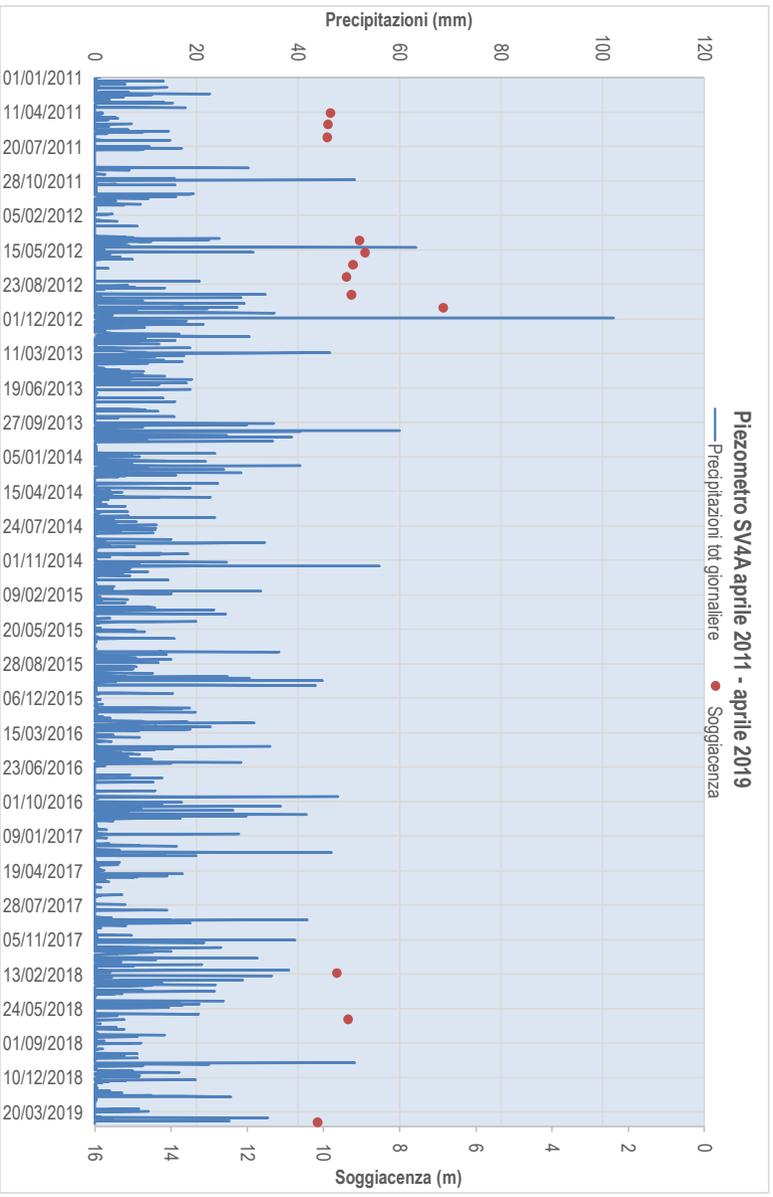












ALLEGATO 3 - Certificati di misura



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TORINO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA



LABORATORI DI IDROCHIMICA
Via Valperga Caluso, 35 - 10125 TORINO
Tel. (011) 670.5136/76 Fax (011) 6705146
Tel. (011) 670.5105 (direzione)
Indirizzo e-mail: direzione.dst@unito.it

Torino 30/10/2019

Campione N° LABIDRO201901_PP39884

Richiedente
Spett. HYDRODATA SpA
Via Pomba 23
10135 Torino

Richiesta n. 14283389

Campionamento: eseguito dal committente

Data esecuzione analisi: 1-3 luglio 2018

Codice campione: PP39884 Località di prelievo: Incisa

RAPPORTO DI ANALISI CAMPIONE

Parametro	UM	Risultato
pH		7,7
Conducibilità elettrolitica	μS/cm	912
Idrogenocarbonati	mg/l	574
Bicarbonati	mg/l	Assenti
Fluoruri	mg/l	<0,005
Cloruri	mg/l	43,5
Bromuri	mg/l	<0,005
Nitriti	mg/l	0,60
Nitrati	mg/l	80
Fosfati	mg/l	<0,005
Solfati	mg/l	101
Litio	mg/l	<0,005
Sodio	mg/l	86
Potassio	mg/l	1,4
Ammonio	mg/l	1,45
Calcio	mg/l	93
Magnesio	mg/l	69

Il Tecnico Analista

Dott. Enrico Destefanis

Il Direttore

Prof. Rodolfo Carosi



Torino 30/10/2019

Campione N° LABIDRO201902_PP39887

Richiedente
Spett. HYDRODATA SpA
Via Pomba 23
10135 Torino

Richiesta n. 14283389

Campionamento: eseguito dal committente

Data esecuzione analisi: 1-3 luglio 2018

Codice campione: PP39887 Località di prelievo: Incisa

RAPPORTO DI ANALISI CAMPIONE

Parametro	UM	Risultato
pH		7,5
Conducibilità elettrolitica	µS/cm	760
Idrogenocarbonati	mg/l	425
Bicarbonati	mg/l	Assenti
Fluoruri	mg/l	<0,005
Cloruri	mg/l	17,1
Bromuri	mg/l	<0,005
Nitriti	mg/l	0,055
Nitrati	mg/l	3,1
Fosfati	mg/l	<0,005
Solfati	mg/l	29
Litio	mg/l	<0,005
Sodio	mg/l	25,5
Potassio	mg/l	0,9
Ammonio	mg/l	1,2
Calcio	mg/l	98
Magnesio	mg/l	25,7

Il Tecnico Analista

Dott. Enrico Destefanis

Il Direttore

Prof. Rodolfo Carosi



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TORINO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA



LABORATORI DI IDROCHIMICA
Via Valperga Caluso, 35 - 10125 TORINO
Tel. (011) 670.5136/76 Fax (011) 6705146
Tel. (011) 670.5105 (direzione)
Indirizzo e-mail: direzione.dst@unito.it

Torino 30/10/2019

Campione N° LABIDRO201903_PP3943

Richiedente
Spett. HYDRODATA SpA
Via Pomba 23
10135 Torino

Richiesta n. 14283389

Campionamento: eseguito dal committente

Data esecuzione analisi: 1-3 luglio 20187

Codice campione: PP3943 Località di prelievo: Incisa

RAPPORTO DI ANALISI CAMPIONE

Parametro	UM	Risultato
pH		7,6
Conducibilità elettrolitica	µS/cm	1224
Idrogenocarbonati	mg/l	408
Bicarbonati	mg/l	Assenti
Fluoruri	mg/l	<0,005
Cloruri	mg/l	39
Bromuri	mg/l	<0,005
Nitriti	mg/l	0,60
Nitrati	mg/l	23,6
Fosfati	mg/l	<0,005
Solfati	mg/l	68
Litio	mg/l	<0,005
Sodio	mg/l	60
Potassio	mg/l	1,20
Ammonio	mg/l	0,90
Calcio	mg/l	113
Magnesio	mg/l	41,4

Il Tecnico Analista

Dott. Enrico Destefanis

Il Direttore

Prof. Rodolfo Carosi



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TORINO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA



LABORATORI DI IDROCHIMICA
Via Valperga Caluso, 35 - 10125 TORINO
Tel. (011) 670.5136/76 Fax (011) 6705146
Tel. (011) 670.5105 (direzione)
Indirizzo e-mail: direzione.dst@unito.it

Torino 30/10/2019

Campione N° LABIDRO201904_FDC

Richiedente
Spett. HYDRODATA SpA
Via Pomba 23
10135 Torino

Richiesta n. 14283389

Campionamento: eseguito dal committente

Data esecuzione analisi: 1-3 luglio 2018

Codice campione: Fosso di Cetina Località di prelievo: Incisa

RAPPORTO DI ANALISI CAMPIONE

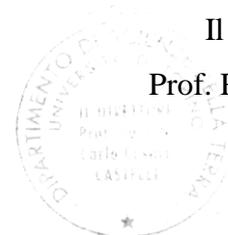
Parametro	UM	Risultato
pH		7,1
Conducibilità elettrolitica	µS/cm	1760
Idrogenocarbonati	mg/l	359
Bicarbonati	mg/l	assenti
Fluoruri	mg/l	<0,005
Cloruri	mg/l	316
Bromuri	mg/l	<0,005
Nitriti	mg/l	<0,005
Nitrati	mg/l	10,4
Fosfati	mg/l	<0,005
Solfati	mg/l	52
Litio	mg/l	<0,005
Sodio	mg/l	157
Potassio	mg/l	2,4
Ammonio	mg/l	1,0
Calcio	mg/l	134
Magnesio	mg/l	2,4

Il Tecnico Analista

Dott. Enrico Destefanis

Il Direttore

Prof. Rodolfo Carosi





UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TORINO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA



LABORATORI DI IDROCHIMICA
Via Valperga Caluso, 35 - 10125 TORINO
Tel. (011) 670.5136/76 Fax (011) 6705146
Tel. (011) 670.5105 (direzione)
Indirizzo e-mail: direzione.dst@unito.it

Torino 30/10/2019

Campione N° LABIDRO201905_PZ1

Richiedente
Spett. HYDRODATA SpA
Via Pomba 23
10135 Torino

Richiesta n. 14283389

Campionamento: eseguito dal committente

Data esecuzione analisi: 1-3 luglio 2018

Codice campione: Pozzo 1 Località di prelievo: Incisa

RAPPORTO DI ANALISI CAMPIONE

Parametro	UM	Risultato
pH		8,0
Conducibilità elettrolitica	µS/cm	1610
Idrogenocarbonati	mg/l	410
Bicarbonati	mg/l	Assenti
Fluoruri	mg/l	<0,005
Cloruri	mg/l	264
Bromuri	mg/l	<0,005
Nitriti	mg/l	2,1
Nitrati	mg/l	7,2
Fosfati	mg/l	<0,005
Solfati	mg/l	165
Litio	mg/l	<0,005
Sodio	mg/l	137
Potassio	mg/l	1,2
Ammonio	mg/l	1,0
Calcio	mg/l	192
Magnesio	mg/l	41,4

Il Tecnico Analista

Dott. Enrico Destefanis

Il Direttore

Prof. Rodolfo Carosi