

Sviluppo di conoscenze su contaminazione da PFAS nel Veneto con automazione reti di monitoraggio

PROGETTO 1319 - CONT_PFAS



RELAZIONE DI PROGETTO
2020-2025

ARPAV

Progetto e realizzazione

Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente

Fabio Strazzabosco

Unità Organizzativa Qualità delle Acque e Tutela della Risorsa Idrica

Ugo Pretto

Unità Organizzativa Monitoraggi Aria e Acqua

Giovanna Marson

Agostino Seritti, Alessandro Furian, Elena Castellani, Giacomo Galbusera, Martina Ravazzolo, Matteo Cultrera.

Con il contributo di:

Dipartimento Regionale Laboratori

Unità Organizzativa Qualità dell'Aria

Unità Organizzativa Qualità del Suolo

È consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici ed in genere del contenuto del presente rapporto esclusivamente con la citazione della fonte.

Dicembre 2025

SOMMARIO

SOMMARIO	3
ELENCO DEGLI ALLEGATI	4
INDICE DELLE FIGURE	5
INDICE DELLE TABELLE	6
1 PREMESSA	7
2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO	8
3 RETE DI MONITORAGGIO CONT_PFAS	12
3.1 INTRODUZIONE	12
3.2 RISULTATI ANNO 2024	16
3.3 MONITORAGGIO IN CONTINUO	21
4 ANALISI NON-TARGET (NTA)	28
4.1 INTRODUZIONE	28
4.2 ANALISI DEI RISULTATI	30
5 BIOMONITORAGGIO	32
5.1 METODI	37
5.2 RISULTATI	39
6 CONCLUSIONI	51
BIBLIOGRAFIA	53
GLOSSARIO	55

ELENCO DEGLI ALLEGATI

ALLEGATO A-1. UBICAZIONE DEI PIEZOMETRI

ALLEGATO A-2. STRATIGRAFIE

ALLEGATO B. DISTRIBUZIONE SPECIFICA DELLE SOSTANZE PERFLUOROALCHILICHE NELLA RETE DI MONITORAGGIO DELLE
ACQUE SOTTERRANEE CONT_PFAS – ANNO 2024

ALLEGATO C. PRESENTAZIONE DEI DATI RELATIVI AL SISTEMA DI MONITORAGGIO IN CONTINUO DEI PIEZOMETRI

ALLEGATO D. PRESENTAZIONE DEI DATI RELATIVI ALL'ATTIVITÀ DI ANALISI ED ELABORAZIONE NON-TARGET (NTA) SU
ALCUNI CAMPIONI DI ACQUE SOTTERRANEE

ALLEGATO E. SPECIFICHE DEL PROGETTO DI SPERIMENTAZIONE DI BIOMONITORAGGIO

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1: UBICAZIONE DEI PIEZOMETRI CONT-PFAS	13
FIGURA 2: DISTRIBUZIONE SPECIFICA MEDIA DELLE SOSTANZE PERFLUOROALCHILICHE (PFAS) NELLA RETE DI MONITORAGGIO CONT_PFAS (PER PFOA E PFOS VENGONO CONSIDERATE LE SOMME DEGLI ISOMERI LINEARI E RAMIFICATI)	17
FIGURA 3: PIEZOMETRO E STRUMENTAZIONE INSTALLATA.....	21
FIGURA 4: UBICAZIONE PIEZOMETRI CON SONDE INSTALLATE E STAZIONI METEO LIMITROFE	23
FIGURA 5: CONFRONTO TRA LIVELLI DI FALDA DI ALTA (PZ26) E BASSA PIANURA (PZ04)	25
FIGURA 6: RAPPRESENTAZIONE BOX-PLOT DELLA TEMPERATURA DELL'ARIA E ACQUA A CHIAMPO (PZ22)	26
FIGURA 7: CONFRONTO TRA LA CONDUCIBILITÀ DEI DUE PIEZOMETRI PZ16 (SUPERFICIALE) E PZ17 (PROFONDO)	26
FIGURA 8: CONFRONTO TRA LE TEMPERATURE DEI DUE PIEZOMETRI PZ16 (SUPERFICIALE) E PZ17 (PROFONDO).....	27
FIGURA 9: UBICAZIONE DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO INTERESSATE DALL'ANALISI NTA	29
FIGURA 10: ZONE DI BIOMONITORAGGIO: TRISSINO, SAREGO, GAMBUGLIANO, NANTO, TAMBRE, PERAROLO DI CADORE	34
FIGURA 11: ZONE DI BIOMONITORAGGIO: AREALE DI 4 KM DA SITO EX-MITENI, GAMBUGLIANO	35
FIGURA 12: SCHEMA TRAPPOLA A CADUTA, TIPO "WET PITFALL TRAP"	37
FIGURA 13: SCHEMA TRAPPOLA A CADUTA, TIPO "PITFALL TRAP"	37
FIGURA 14: UBICAZIONE DEPOSIMETRI RISPETTO AI SITI DI BIOMONITORAGGIO	38
FIGURA 15: ESEMPI DI CAMPIONAMENTO DI TERRENO (TAMBRE PRATO (SX), TAMBRE BOSCO (DX)).....	39
FIGURA 16: ESEMPLARE DI ABAX PARALLELEPIPEDUS	40
FIGURA 17: DISTRIBUZIONE DEI CONGENERI NEI CAMPIONI DI BIOTA RELATIVI ALLA PRIMA FASE DI BIOMONITORAGGIO (FASE1)	41
FIGURA 18: CONFRONTO MEDIA DELLA SOMMA DI PFAS ³ NEL BIOTA IN DIVERSI SITI E PER GLI ANNI 2022 E 2023, LA FRECCIA INDICA L'ANDAMENTO DELLA DISTANZA DAL SITO DI INQUINAMENTO NOTO.....	43
FIGURA 19: ANALISI IN DOPPIO DELLO STESSO CAMPIONE DI BIOTA: UNO CONTENENTE UN MIX DI ARTROPODI, L'ALTRO SOLO LA SPECIE ABAX (CAMPIONAMENTO NEL SITO SD DEL 09/08/2022).....	44
FIGURA 20: CONCENTRAZIONE PFOS - ZONA VICENTINA - FASE 3. LE STAZIONI CHE PRESENTANO VALORE 0 INDICANO INSUCCESSO NEL CAMPIONAMENTO (TRAPPOLA VUOTA). IL RIQUADRO GIALLO EVIDENZIA LA ZONA CHE VIENE POSTA IN ESAME NELLA FIGURA 19	46
FIGURA 21: CONCENTRAZIONE PFOS - ZONA VICENTINA - FASE 3. SOVRAPPOSIZIONE CON IL MODELLO DELLE EMISSIONI DALLE TORRI EVAPORATIVE EX-MITENI.....	47
FIGURA 22: CONCENTRAZIONE DELLA SOMMA DI PFAS ³ NEI SUOLI DELLE AREE AGRICOLE/PRATIVE E BOSCHIVE.....	49

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1: ANAGRAFICHE SONDE IN CONTINUO	10
TABELLA 2: ANAGRAFICA DEI PIEZOMETRI DELLA RETE DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE CONT_PFAS. (QUOTE, PROFONDITÀ E LIVELLI DI FALDA FANNO RIFERIMENTO A MISURE DA BOCCA POZZO. CAR= CAROTAGGIO, DIST= DISTRUZIONE DI NUCLEO).....	14
TABELLA 3: ELENCO DEI PFAS ANALIZZATI	15
TABELLA 4: VALORI SOGLIA DA CONSIDERARE PER LA VALUTAZIONE DELLO STATO CHIMICO DELLE ACQUE SOTTERRANEE.....	16
TABELLA 5: RISULTATI DEL MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE NELLA RETE CONT_PFAS NELL'ANNO 2024 – VALORI MEDI	18
TABELLA 6: SUPERAMENTI DEI VALORI SOGLIA, (EVIDENZIATI IN ROSSO) PER PFOA E PFOS VENGONO CONSIDERATI SOLAMENTE GLI ISOMERI LINEARI.....	20
TABELLA 7: INFORMAZIONI PRINCIPALI DI OGNI PIEZOMETRO E LA RELATIVA SONDA IN CONTINUO INSTALLATA.....	22
TABELLA 8: IDENTIFICAZIONE DEI CAMPIONI ANALIZZATI PER ANALISI NTA.....	28
TABELLA 9: CONCENTRAZIONI DI HBTFS SOTTOPOSTI A INDAGINE	30
TABELLA 10: VALORI DI CONCENTRAZIONE LIMITE ACCETTABILI E/O DI CSC PER ALCUNI COMPOSTI HBTFS.....	31
TABELLA 11: IDENTIFICAZIONE SITI DI CAMPIONAMENTO DI BIOMONITORAGGIO.....	33
TABELLA 12: DEFINIZIONE TEMPORALE DELL'ATTIVITÀ DI BIOMONITORAGGIO (INTERVALLO BISETTIMANALE, P=PIANURA; S-A=SUB-ALPINA).....	36
TABELLA 13: DEFINIZIONE TEMPORALE DELL'ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO SUOLI E DEPOSIZIONI AEREE (VI: STAZIONI VICENTINE, BL: STAZIONI BELLUNESI).....	36
TABELLA 14: ELENCO DELLE SPECIE IDENTIFICATE. LIVELLO TROFICO DELLE SPECIE OGGETTO DI BIOMONITORAGGIO CONT_PFAS. PS: PREDATORE SPECIALISTA, P: PREDATORE, G: GENERALISTA, E: ERBIVORO	40
TABELLA 15: MEDIA BIENNALE DELLA SOMMA DI PFAS ³ E RELATIVA DEVIAZIONE STANDARD	42
TABELLA 16: SOMMA PFAS ³ (μG/KG) NELLE STAZIONI SUOLO DEL PROGETTO CONT_PFAS.....	49
TABELLA 17: CONFRONTO VALORI PFOS NEI SUOLI E VALORI MEDI DI PFOS NEI 3 ANNI DI BIOMONITORAGGIO. IL PFOS VIENE INTESO COME SOMMA DI LINEARE E RAMIFICATI.	50

1 | PREMESSA

A partire dal 2013 le acque sotterranee nell'area di contaminazione del sito ex-MITENI (comune di Trissino - VI) sono state indagate per la presenza di sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS), predisponendo un primo modello geografico del fronte di contaminazione. Questo fronte, noto come "pennacchio" e qui definito anche "plume", nel corso degli anni è stato costantemente monitorato, non solo attraverso gli acquiferi sotterranei, ma anche attraverso i corsi di acqua superficiali ed i punti di scarico. Ciò nonostante, è emersa la necessità di acquisire ulteriori elementi, necessari per definire in modo più dettagliato il fenomeno e valutare eventuali interventi da effettuare. A tale scopo, è stato stipulato un accordo di collaborazione, tra Regione Veneto ed ARPAV con delibera della Giunta Regionale n. 1845 del 29/12/2020 (Decreto del Direttore della Direzione Ambiente N. 1110 del 30/12/2020 e successiva delibera del Direttore Generale ARPAV N. 391 del 30/12/2020), concretizzato con il progetto denominato 1319 - CONT_PFAS che viene presentato interamente nelle sue attività in questo documento. Il progetto, che avrebbe dovuto concludersi in data 30/12/2022, ha subito rallentamenti non prevedibili, tra i quali la fine dell'emergenza Sars/COV, riorganizzazioni/manutenzioni della scrivente Agenzia e la necessità di aumentare le risorse umane interessate, nonché di approfondire alcuni aspetti emersi. Le proroghe concesse, i cui estremi sono riassunti di seguito, sono state comunque correlate alle relazioni in itinere:

Riferimento proroga al 31/03/2024: protocollo n° 2022_10-1-0096033 ARPAV;

Riferimento proroga al 31/03/2025: protocollo n° 44265 del 26/01/2024 Regione Veneto;

Riferimento proroga al 31/12/2025: protocollo n° 2025 02-11-0011991 ARPAV.

2 | DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'intento principale del progetto CONT_PFAS è stato l'implementazione della rete di monitoraggio delle acque sotterranee nella zona di contaminazione da PFAS, prioritariamente tramite la realizzazione di nuovi punti di indagine utili per acquisire indicazioni sull'inquadramento idrogeologico dell'area interessata e per ottenere nuove informazioni sullo stato dell'inquinamento, nonché tracciarne l'evoluzione.

Inoltre, per approfondire la presenza di contaminazioni nelle acque sotterranee di alcuni siti storicamente critici, è stato avviato uno studio attraverso l'analisi non-target (NTA). Tale tecnica consiste nell'identificazione di tutte le sostanze chimiche rilevate in un campione, senza limitarsi a una lista predefinita di composti da cercare.

Parallelamente, per valutare vie alternative di immissione e dispersione dei PFAS nell'ambiente è stato incluso nel progetto anche uno studio sperimentale di biomonitoraggio, associato ad un'indagine della componente aerea e della componente suolo.

In questo senso quindi il progetto è stato suddiviso in 3 macroaree di interesse:

- **Rete di monitoraggio acque sotterranee CONT_PFAS**
- **Analisi non-target (NTA)**
- **Biomonitoraggio**

che, insieme, hanno permesso lo sviluppo dei punti di approfondimento richiesti dalla Convenzione tra Regione Veneto ed ARPAV (Delibera regionale n. 1845 del 29/12/2020 Rif. 4. Allegato convenzione, art. 1).

Di seguito si riportano quindi le evidenze per ciascuna delle azioni previste dalla convenzione.

1.1. Avviare una consulenza tecnico scientifica per aumentare le conoscenze idrogeologiche dell'area.

Riferito a "Rete di monitoraggio acque sotterranee CONT_PFAS": sulla base degli sviluppi del progetto e dei nuovi dati, la "consulenza tecnico scientifica" è stata affidata a personale interno all'Agenzia, con riferimento, in particolare a quelle figure che hanno competenze idrogeologiche.

1.2. Approfondire gli studi modellistici per analizzare la dispersione degli inquinanti dal punto di vista idrogeologico, anche prevedendo un raffittimento delle conoscenze della geometria e dinamica degli acquiferi ove necessario.

Riferito a "Rete di monitoraggio acque sotterranee CONT_PFAS": i modelli numerici di calcolo relativi alle acque sotterranee sono rappresentazioni della realtà e possono essere non solo strumenti previsionali per la gestione della risorsa idrica sotterranea ma anche prevedere quale sarà la propagazione dell'inquinamento della zona presa in esame. La modellistica permette di introdurre nei dati ambientali la dimensione tempo e,

con essa, la capacità di simulare l'evoluzione spaziale presente, passata e futura degli inquinanti e dei processi correlati. I dati acquisiti a seguito della messa in opera dei nuovi punti di monitoraggio potranno essere utili per implementare la modellistica numerica. La modellazione risulterà tuttavia tanto più adeguata quanto numerosa sarà la disponibilità di dati analitici nei prossimi anni.

1.3. Sviluppare l'ipotesi della possibile dispersione dei PFAS in atmosfera.

Riferito a "Biomonitoraggio": nel corso degli anni varie vie di diffusione dei PFAS nell'ambiente sono state oggetto di specifiche campagne di indagine da parte di questa Agenzia [1], i cui dati analitici hanno rivelato pochi elementi significativi. I risultati dello studio sperimentale di biomonitoraggio, integrati da dati raccolti con i deposimetri, l'analisi dei terreni delle zone di interesse studi bibliografici, possono suggerire possibili sviluppi di questa tematica.

2.1. Implementare la rete di monitoraggio esistente attraverso la realizzazione di nuovi piezometri, anche secondo le indicazioni derivanti dai punti precedenti.

Riferito a "Rete di monitoraggio acque sotterranee CONT_PFAS": l'individuazione e realizzazione di nuovi punti di monitoraggio, è stata ritenuta attività prioritaria, utile anche per nuovi input allo sviluppo delle altre azioni programmate.

2.2. Realizzare un sistema di telecontrollo da remoto con apposita strumentazione geograficamente distribuita per la supervisione della rete di monitoraggio e sviluppo di software presso un centro di controllo.

Riferito a "Rete di monitoraggio acque sotterranee CONT_PFAS": i piezometri costruiti per la rete CONT_PFAS sono stati geolocalizzati e in sette di questi sono state installate delle sonde per l'analisi in continuo dei parametri di falda (livello, temperatura, conducibilità) con controllo da remoto (vedasi paragrafo 3.3).

2.3. Studiare lo sviluppo di una tecnologia di manutenzione predittiva, che garantisca copertura alla infrastruttura di monitoraggio.

Riferito a "Rete di monitoraggio acque sotterranee CONT_PFAS": le sette sonde installate per il monitoraggio in continuo (vedasi paragrafo 3.3) permettono di conoscere in tempo reale variazioni di livello, temperatura e conducibilità dovute a eventuali manomissioni o eventi naturali che potrebbero richiedere manutenzioni dell'infrastruttura. Il monitoraggio da remoto inoltre indica quando vi sia la necessità di sostituire la batteria delle sonde, garantendo quindi il corretto funzionamento durante tutto l'anno.

2.4. Acquisire strumentazione specifica per prelievi e verifiche sul campo.

Riferito a "Rete di monitoraggio acque sotterranee CONT_PFAS": la possibilità di realizzare queste attività è avvenuta grazie alla disponibilità economica ottenuta col Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR),

sfruttando altre linee di finanziamento. Per la misurazione della soggiacenza, conducibilità elettrica e temperatura dell'acqua sono state quindi acquistate e installate n. 7 sonde, come da tabella che segue:

Tabella 1: anagrafiche sonde in continuo

Denominazione	GBO_EST	GBO_NORD	COMUNE	PROVINCIA
PZ01	1711051	5010895	Este	PD
PZ04	1687119	5020004	Cologna Veneta	VR
PZ10	1690509	5023075	Orgiano	VI
PZ16	1689369	5036834	Brendola	VI
PZ17	1689356	5036844	Brendola	VI
PZ22	1680145	5044392	Chiampo	VI
PZ26	1684677	5047345	Trissino	VI

3.1. Avviare studi per approfondire la presenza di contaminazioni in altri siti (Sarego, ex-RIMAR, discariche, ecc.).

Riferito a "Rete di monitoraggio acque sotterranee CONT_PFAS": nella scelta dei siti in cui realizzare i nuovi piezometri è stato tenuto conto della presenza di contaminazione in altri siti, infatti è stato ritenuto importante confrontarsi con altre Unità Organizzative (UO) dell'Agenzia, a titolo di esempio le UO Bonifiche dei Siti Contaminati e il Dipartimento Provinciale di Vicenza (DPVI), in modo tale da raccogliere loro eventuali indicazioni e/o suggerimenti. Inoltre, per approfondimento, in alcuni dei siti di interesse sono state svolte delle analisi sperimentali NTA (Non-Target Analysis).

3.2. Sviluppare reti di monitoraggio sito specifiche.

Sia per la "Rete di monitoraggio acque sotterranee CONT_PFAS" che per "Biomonitoraggio": sono stati definiti dei punti specifici, codificati dalla scrivete Agenzia attraverso il Sistema Informativo Regionale Ambientale del Veneto (SIRAV). I nuovi punti di indagine delle acque sotterranee sono inoltre stati geolocalizzati.

3.3. Analizzare le caratteristiche e le modalità di immissione nell'ambiente dei PFAS tradizionali e delle nuove sostanze.

Occorre evidenziare che i PFAS sono ampiamente utilizzati nel settore produttivo per le loro caratteristiche chimiche, tanto che se ne stima l'impiego in più di 5.000 applicazioni diverse. Necessariamente il campo di indagine viene ristretto ai comparti più presenti sul territorio regionale: concia, cartiere, trattamenti superficiali di metalli e di materie plastiche, tessile, farmaceutico e chimico, elettronico. Questi settori, già utilizzatori storici di PFAS, appaiono essere con più probabilità i soggetti "responsabili" dell'introduzione di nuove sostanze per- e polifluoroalchiliche.

Riferito a “Rete di monitoraggio acque sotterranee CONT_PFAS”: nello specifico nel territorio della Provincia di Vicenza, è noto che le Autorizzazioni Integrate Ambientali (AIA) provinciali prescrivono molto spesso controlli in falda per le sostanze emergenti; quindi sono state utilizzate le banche dati già disponibili per valutare l'utilizzo di qualche punto di monitoraggio già esistente, che è risultato interessante allo scopo di questo progetto. Lo stesso è stato fatto analizzando i punti di prelievo prescritti nell'autorizzazione di attività di cava e/o miniera.

Riferito a “Biomonitoraggio”: è stato possibile indagare in maniera innovativa sulle possibili diverse modalità di immissione in ambiente di questi contaminanti. I processi fisiologici di bioaccumulo e magnificazione permettono infatti di evidenziare la presenza di microinquinanti (quindi anche PFAS) in matrici ambientali complesse o in concentrazioni puntuali e/o disomogenee in aree in cui le analisi ambientali tradizionali spesso non portano ad evidenze analitiche.

3.4. Studiare lo sviluppo di tecnologie di analisi di aree territoriali a rischio mediante modellazione basata su metodi di Intelligenza Artificiale.

Riferito a “Rete di monitoraggio acque sotterranee CONT_PFAS”: si fa notare che ad oggi è un argomento a valenza pressoché generale. Si ritiene infatti riduttivo l'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale (IA) al solo sviluppo di modellazione a registro variabile (cioè modelli i cui algoritmi variano a seconda delle diverse condizioni al contorno), mentre sarebbe maggiormente utile nella costruzione di un software per la valutazione istantanea della concentrazione o delle relative fluttuazioni, cioè una sorta di “early warning” territoriale, similmente a ciò che i gestori delle strutture acquedottistiche studiano attraverso i piani di sicurezza dell'acqua. La locuzione IA potrebbe essere affidata alla capacità indotta al software di decidere autonomamente, non tanto il modello da applicare, quanto l'avviso da produrre in ragione di parametri per natura variabili, quali l'andamento dello sviluppo di un fenomeno di inquinamento (usando le misure di velocità di migrazione degli inquinanti in ambiente, ovvero dell'estensione bi o tridimensionale dello stesso). Alla base di ciò si stima siano necessari almeno 5-6 anni di dati per garantire un pattern sufficientemente ampio per garantire una trattazione statistica adeguata.

4.1. Avviare iniziative di informazione e comunicazione alla popolazione delle aree interessate dall'inquinamento tramite organizzazione di eventi pubblici, pubblicazioni non tecniche e canali tematici.

Nel corso dello sviluppo del progetto sono stati organizzati degli incontri pubblici (Comune di Lonigo in data 30/09/22), corsi di informazione (Corso Residenziale ECM, organizzato da IZSVE in data 19/06/25) e pubblicati, sul sito della scrivente Agenzia, gli aggiornamenti dei dati raccolti relativi alla Rete di Sorveglianza PFAS. (https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/acque-interne/acque-interne/pfas/20250102_monitoraggio_pfas_rete_sorveglianza.pdf/@@download/file)

3 | RETE DI MONITORAGGIO CONT_PFAS

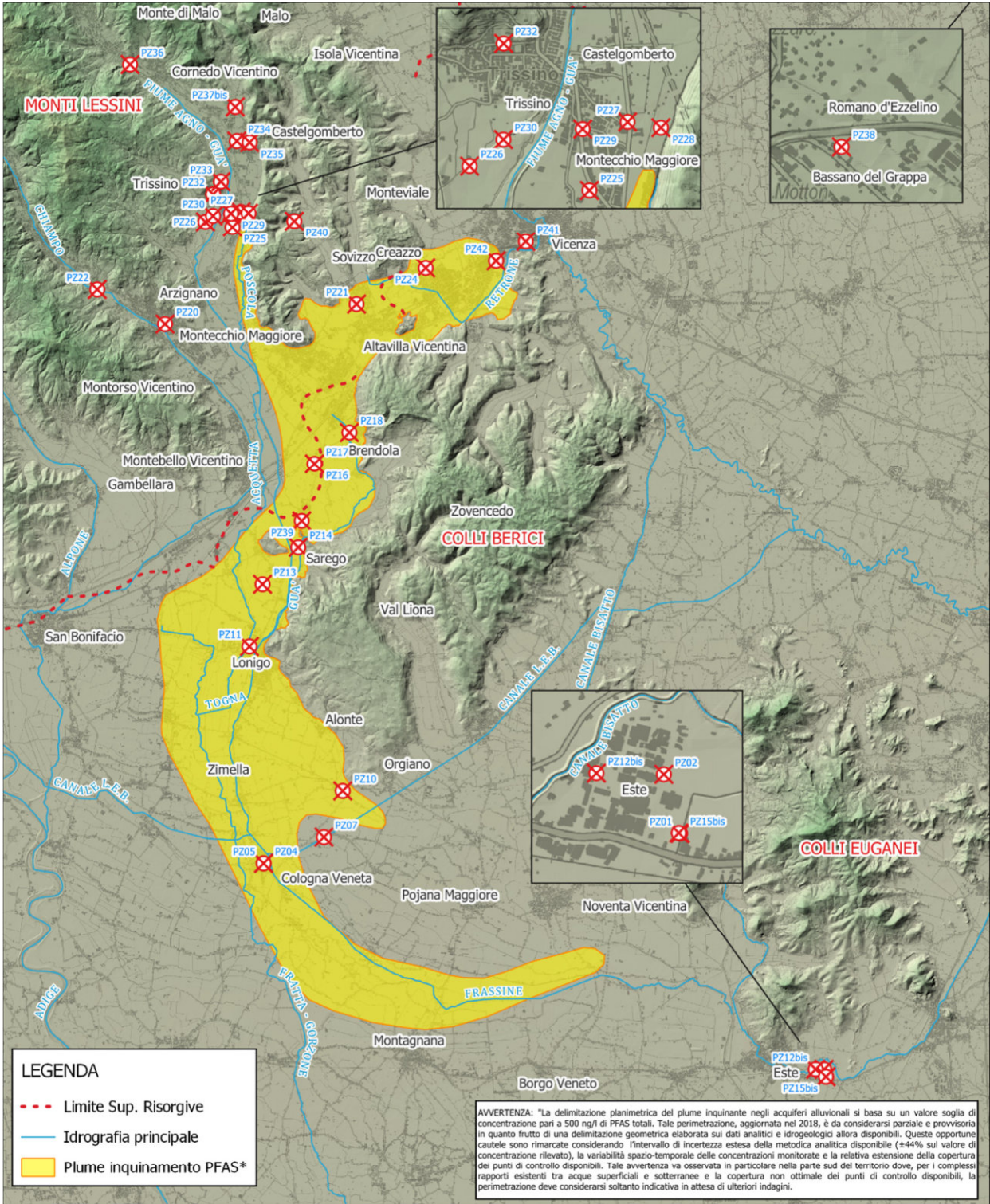
3.1 INTRODUZIONE

La rete di monitoraggio CONT_PFAS è stata definitivamente istituita da ARPAV nel 2023 con lo scopo di raffittire la già esistente rete di sorveglianza dei composti perfluoroalchilici delle acque sotterranee (RS-PFAS) nata nel 2015.

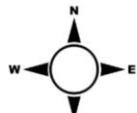
Lo scopo è il monitoraggio e l'evoluzione spazio-temporale a medio-lungo termine dell'esteso fenomeno di inquinamento dei corpi idrici sotterranei originato dal sito industriale chimico ex-MITENI, nella media valle dell'Agno, nel comune di Trissino (VI).

L'estensione, la geometria e l'intensità della contaminazione (individuata attraverso più di 2000 campioni tra acque superficiali e sotterranee) sono state, assieme al modello concettuale di propagazione e alla definizione dei corpi idrici vulnerati, tra i criteri fondamentali per la selezione dei punti costituenti la rete. Sono stati installati 35 piezometri (Tabella 2) in diversi comuni delle province di Padova, Verona e Vicenza, tra cui Este, Cologna Veneta, Orgiano, Lonigo, Brendola, Arzignano, Sovizzo, Chiampo, Creazzo, Trissino, Cornedo Vicentino, Castelgomberto, Romano d'Ezzelino, Sarego, Montecchio Maggiore e Vicenza. Questi piezometri sono specificamente dedicati al monitoraggio dei PFAS.

La rete di monitoraggio installata consente di raccogliere dati precisi sulla presenza e sulle concentrazioni di PFAS nelle falde acquifere, supportando le attività di tutela ambientale e la pianificazione di eventuali interventi di bonifica.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
 Nome: CONT_PFAS_Dati_2024



Scala 1:200000
 0 2 4 6 8 10 km



RETE DI MONITORAGGIO CONT_PFAS

La rete di monitoraggio CONT_PFAS istituita da ARPAV nel 2023 con lo scopo di raffinare la già esistente rete di sorveglianza dei composti perfluoroalchilici (PFAS) delle acque sotterranee (RS-PFAS) nata nel 2015. Lo scopo è il monitoraggio e l'evoluzione spazio-temporale a medio-lungo termine dell'esteso fenomeno di inquinamento dei corpi idrici sotterranei originato dal sito industriale chimico ex MITENI, nella media valle dell'Agno, nel comune di Trissino (VI).



Figura 1: ubicazione dei piezometri CONT-PFAS

Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente

Tabella 2: anagrafica dei piezometri della rete di monitoraggio delle acque sotterranee CONT_PFAS. (Quote, profondità e livelli di falda fanno riferimento a misure da bocca pozzo. CAR= carotaggio, DIST= distruzione di nucleo)

ID	NOTE	COMUNE	PROVINCIA	VIA/LOCALITA'	STATNM	SIRAV	QUOTA GEODETICA (m)	TIPO DI TEREBAZIONE	INIZIO FILTRI (m)	FINE FILTRI (m)	INIZIO FILTRI (m)	FINE FILTRI (m)	DIAMETRO PZ (inch)	PROFONDITA' (m)	LIVELLO FALDA (m) (RIF 2023)
PZ01	Indagine approfondimento Este per presenza di Alogenati Clorurati ZAI Sud i - superficiale	Este	PD	Via Leonardo Da Vinci	CONT_PFAS PZ01 - Este - Via Leonardo Da Vinci	500040115	8,524	CAR	3	15	-	-	3	14,4	2,4
PZ02	Indagine approfondimento Este per presenza di Alogenati Clorurati ZAI Sud i - superficiale	Este	PD	Via Leonardo Da Vinci	CONT_PFAS PZ02 - Este - Via Leonardo Da Vinci	500040116	8,615	DIST	17	20	-	-	3	20,1	2,3
PZ04	Indagine conoscitiva - fronte sud - Cologna profondo - verificare area alta concentrazione -	Cologna Veneta	VR	Piazzale Vittorio Veneto	CONT_PFAS PZ04 - Cologna Veneta - Piazzale Vittorio Veneto	500040117	22,41	CAR	18	30	-	-	3	29,65	4,7
PZ05	Indagine conoscitiva - fronte sud - Cologna superficiale - verificare area alta concentrazione - pozzo cluster superficiale	Cologna Veneta	VR	Piazzale Vittorio Veneto	CONT_PFAS PZ05 - Cologna Veneta - Piazzale Vittorio Veneto	500040118	22,311	DIST	3	9	-	-	3	8,9	3,28
PZ07	Indagine conoscitiva - fronte sud - area a minore contaminazione - paleostruttura deposizionale	Cologna Veneta	VR	Via S. Sebastiano (Cimitero)	CONT_PFAS PZ07 - Cologna Veneta - Via S. Sebastiano (Cimitero)	500040119	19,376	CAR	11,8	35,8	-	-	3	35,3	2,31
PZ10	Indagine conoscitiva - fronte sud - area a maggior contaminazione - paleostruttura deposizionale	Orgiano	VI	Via Villa Veronese	CONT_PFAS PZ10 - Orgiano - Via Villa Veronese	500040120	20,096	CAR	9	33	-	-	3	35	2,35
PZ11	Indagine conoscitiva Lonigo - zona elevata contaminazione	Lonigo	VI	Istituto Tecnico Agrario Trentin	CONT_PFAS PZ11 - Lonigo - Istituto Tecnico Agrario Trentin	500040121	29,551	CAR	31,6	52,6	-	-	3	52,2	1,45
PZ12bis	Indagine conoscitiva	Este	PD	Via Galileo Galilei	CONT_PFAS PZ12bis - Este - Via Galileo Galilei	500040122	10,292	CAR	34	40	-	-	3	40	4
PZ13	Indagine approfondimento Sarego - zona elevata contaminazione	Sarego	VI	Via Cà D'Oro	CONT_PFAS PZ13 - Sarego - Via Cà D'Oro	500040123	33,761	CAR	44	50	-	-	3	51	ARTESIANO
PZ14	Indagine di approfondimento Sarego - spinto fino a substrato roccioso - strutturale	Sarego	VI	Via A. Palladio	CONT_PFAS PZ14 - Sarego - Via A. Palladio	500040124	40,11	CAR	12	16	-	-	3	15,6	2,5
PZ15bis	Indagine conoscitiva	Este	PD	Via Leonardo Da Vinci	CONT_PFAS PZ15bis - Este - Via Leonardo Da Vinci	500040125	8,337	CAR	33	34	38,5	40,5	3	39,95	2,3
PZ16	Indagine conoscitiva - cluster superficiale	Brendola	VI	Via dell'Impresa	CONT_PFAS PZ16 - Brendola - Via dell'Impresa	500040126	47,501	CAR	15	30	-	-	3	30	3,8
PZ17	Indagine conoscitiva - cluster profondo - Spinto fino a substrato roccioso	Brendola	VI	Via dell'Impresa	CONT_PFAS PZ17 - Brendola - Via dell'Impresa	500040129	47,637	DIST	75	80	-	-	3	85,65	3,7
PZ18	Indagine conoscitiva asse drenaggio Brendola - zona risorgive - numero acquiferi - profondo	Brendola	VI	Via Mascagni	CONT_PFAS PZ18 - Brendola - Via Mascagni	500040130	46,582	CAR	25	39	-	-	3	38,5	3,83
PZ20	Indagine Conoscitiva a monte ZAI Arzignano	Arzignano	VI	Via Cristoforo Colombo	CONT_PFAS PZ20 - Arzignano - Via Cristoforo Colombo	500040131	107,576	CAR	19	35	-	-	3	34,5	14,53
PZ21	Indagine conoscitiva fronte EST - Asse contaminazione - substrato	Sovizzo	VI	Via S. Giuseppe	CONT_PFAS PZ21 - Sovizzo - Via S. Giuseppe	500040132	46,006	CAR	25	46	-	-	3	45,8	8,3
PZ22	Chiampo - conoscitivo - sud ZAI	Chiampo	VI	Via Lago di Molveno	CONT_PFAS PZ22 - Chiampo - Via Lago di Molveno	500040133	139,935	CAR	20,2	35,2	-	-	3	35,15	10,75
PZ24	Indagine conoscitiva fronte EST - zona risorgive - torbe e numero acquiferi - zona elevata contaminazione - profondo	Creazzo	VI	Parco dei Tigli	CONT_PFAS PZ24 - Creazzo - Parco dei Tigli	500040134	34,541	CAR	31	43,75	-	-	3	43,3	1,2
PZ25	Indagine approfondimento ex-RIMAR - intravallivo	Trissino	VI	Via Luciano Rizzi	CONT_PFAS PZ25 - Trissino - Via Luciano Rizzi	500040135	114,3	CAR	11,3	35,3	-	-	3	35	20,7
PZ26	Indagine approfondimento ex-RIMAR - integr. rete valle idrogeologica - valle discarica via Dugale	Trissino	VI	Via Del Dugale	CONT_PFAS PZ26 - Trissino - Via Del Dugale	500040136	116,126	CAR	10	30	-	-	3	29,97	17,5
PZ27	Indagine approfondimento ex-RIMAR - intravallivo	Trissino	VI	Strada Provinciale 246 inters. Viale Venezia	CONT_PFAS PZ27 - Trissino - Strada Provinciale 246 inters. Viale Venezia	500040137	121,135	CAR	15	36	-	-	3	35,65	22,38
PZ28	Monte ex-MITENI - integrativo	Trissino	VI	Strada Provinciale 246 Koris Italia	CONT_PFAS PZ28 - Trissino - Strada Provinciale 246 Koris Italia	500040138	119,263	CAR	6	24	-	-	3	23,85	18,89
PZ29	Indagine approfondimento ex-RIMAR - intravallivo	Trissino	VI	Viale dell'Industria	CONT_PFAS PZ29 - Trissino - Viale dell'Industria	500040139	119,624	CAR	6	35	-	-	3	34,85	23,1
PZ30	Indagine approfondimento ex-RIMAR - integr. rete valle idrogeologica - valle discarica via Dugale	Trissino	VI	Via Del Dugale	CONT_PFAS PZ30 - Trissino - Via Del Dugale	500040140	117,994	CAR	6	33	-	-	3	35	22,73
PZ32	Indagine approfondimento ex-RIMAR - imm. a valle - profondo	Trissino	VI	Via Dalle Ore (Villa Buffa)	CONT_PFAS PZ32 - Trissino - Via Dalle Ore (Villa Buffa)	500040141	133,582	CAR	6	39	-	-	3	38,9	1,3
PZ33	Indagine approfondimento ex-RIMAR - Vallorcola	Trissino	VI	Via Fondovalle	CONT_PFAS PZ33 - Trissino - Via Fondovalle	500040142	146,981	CAR	6,3	15,3	-	-	3	15,2	2,45
PZ34	Indagine approfondimento SPV - conoscitiva sud - Rif. CrVI Galvanoplastica	Castelgomberto	VI	Strada della Praderia	CONT_PFAS PZ34 - Castelgomberto - Strada della Praderia	500040143	146,327	CAR	20,2	35	-	-	3	34,75	22,45
PZ35	Indagine approfondimento SPV - conoscitiva nord	Castelgomberto	VI	Via Roma (Cimitero)	CONT_PFAS PZ35 - Castelgomberto - Via Roma (Cimitero)	500040144	141,93	CAR	23	30	-	-	3	29,75	20,3
PZ36	Punto a valle ZAI Valdagno - Rif. Inq. Cromoplast	Cornedo Vicentino	VI	Via Ippolito Nievo	CONT_PFAS PZ36 - Cornedo Vicentino - Via Ippolito Nievo	500040145	202,415	CAR	4	30	-	-	3	29,6	6,75
PZ37bis	Indagine approfondimento SPV	Castelgomberto	VI	Località Cengelle	CONT_PFAS PZ37bis - Castelgomberto - Località Cengelle	500040146	154,701	CAR	16	22	-	-	3	22	19,8
PZ38	Indagine approfondimento monte Allnex - inquinamento da PFAS	Romano d'Ezzelino	VI	Via Rivoltella	CONT_PFAS PZ38 - Romano d'Ezzelino - Via Rivoltella	500040147	145,982	CAR	21	40	-	-	3	39,9	33
PZ39	Indagine approfondimento Sarego - a monte zona elevata contaminazione	Sarego	VI	Piazza Alpini ai Vegri, Meledo di Sarego	CONT_PFAS PZ39 - Sarego - Piazza Alpini ai Vegri, Meledo di Sarego	500040148	42,526	CAR	21,6	30,6	-	-	3	30,1	2,6
PZ40	Indagine approfondimento Valdimolino	Montecchio Maggiore	VI	Via Valdimolino	CONT_PFAS PZ40 - Montecchio Maggiore - Via Valdimolino	500040149	43,158	CAR	5	30	-	-	3	29,85	0,8
PZ41	Indagine approfondimento Vicenza, a Nordest del Plume	Vicenza	VI	Viale Ippodromo (Campo Marzo)	CONT_PFAS PZ41 - Vicenza - Viale Ippodromo (Campo Marzo)	500040150	34,602	CAR	27	30	-	-	3	30	2,6
PZ42	Indagine sostituzione RS PFAS 16, non più campionabile	Vicenza	VI	Via Granezza, Parco Giochi (località Ferrovieri)	CONT_PFAS PZ42 - Vicenza - Via Granezza, Parco Giochi (località Ferrovieri)	500040151	34,802	CAR	35	50	-	-	3	49,8	1,7

Pannello analitico delle sostanze perfluoroalchiliche ricercate

Il pannello analitico adottato per il monitoraggio chimico è unico per tutti i punti di controllo della rete CONT_PFAS e prevede la ricerca di tutti i composti riportati in Tabella 3.

Tabella 3: elenco dei PFAS analizzati

CLASSE	SIGLA	NOME	N° ATOMI CARBONIO	CATENA
Acidi perfluoroalchilsolfonici PFSA $C_nF_{2n+1}SO_3H$	PFBS	acido perfluorobutansolfonico	4	corta
	PFPeS	acido perfluoropentansolfonico	5	corta
	PFHxS	acido perfluoroesansolfonico	6	lunga
	PFHpS	acido perfluoroeptansolfonico	7	lunga
	PFOS	acido perfluoroottansolfonico	8	lunga
	PFNS	acido perfluorononansolfonico	9	lunga
	PFDS	acido perfluorodecansolfonico	10	lunga
	PFUnDS	acido perfluoroundecansolfonico	11	lunga
	PFDoDS	acido perfluorododecansolfonico	12	lunga
	PFTrDS	acido perfluorotridecansolfonico	13	lunga
Acidi perfluoroalchilcarbossilici PFCA $C_nF_{2n+1}COOH$	PFBA	acido perfluorobutanoico	4	corta
	PFPeA	acido perfluoropentanoico	5	corta
	PFHxA	acido perfluoroesanoico	6	corta
	PFHpA	acido perfluoroeptanoico	7	corta
	PFOA	acido perfluoroottanoico	8	lunga
	PFNA	acido perfluorononanoico	9	lunga
	PFDA	acido perfluorodecanoico	10	lunga
	PFUnDA	acido perfluoroundecanoico	11	lunga
	PFDoDA	acido perfluorododecanoico	12	lunga
	PFTrDA	acido perfluorotridecanoico	13	lunga
Acidi per- e polifluoroetere carbossilici PFECA	HFPO-DA	acido 2,3,3,3-tetrafluoro-2-(eptafluoropropossi)propanoico	6	corta
	ADONA	acido dodecafluoro-3H-4,8-diossanananoico	7	corta
	C_6O_4	acido difluoro{[2,2,4,5-tetrafluoro-5-(trifluorometossi)-1,3-diossolan-4-yl]ossi}acetico	6	corta
Fluorotelomeri	6:2 FTS	6:2 fluorotelomero solfonato		

Valori soglia per le acque sotterranee

Per la classificazione dello stato chimico delle acque sotterranee [37] sono stati fissati valori soglia per alcuni composti PFAS (Tabella 4) con il decreto 6 luglio 2016 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM). Il provvedimento recepisce la direttiva 2014/80/UE della Commissione del 20 giugno 2014 che modifica l'allegato II della direttiva 2006/118/CE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento.

Tabella 4: valori soglia da considerare per la valutazione dello stato chimico delle acque sotterranee

PARAMETRO	NUMERO CAS	VALORE SOGLIA (µg/L)	VALORE SOGLIA* (µg/L) (interazione acque superficiali)
Acido perfluoropentanoico (PFPeA)	2706-90-3	3	-
Acido perfluoroesanoico (PFHxA)	307-24-4	1	-
Acido perfluorobutansolfonico (PFBS)	375-73-5	3	-
Acido perfluorooctanoico (PFOA)	335-67-1	0.5	0.1
Acido perfluorooctansolfonico (PFOS)	1763-23-1	0.03	6.5 x 10 ⁻⁴

* Tali valori sono cautelativi anche per gli ecosistemi acquatici e si applicano ai corpi idrici sotterranei che alimentano i corpi idrici superficiali e gli ecosistemi terrestri dipendenti. Le regioni, sulla base di una conoscenza approfondita del sistema idrologico superficiale e sotterraneo, possono applicare ai valori di cui alla colonna (*) fattori di attenuazione o diluizione. In assenza di tale conoscenza, si applicano i valori di cui alla medesima colonna.

3.2 RISULTATI ANNO 2024

Dalla primavera del 2024 il monitoraggio dei punti CONT-PFAS ha permesso, in un anno di attività, di analizzare 93 campioni di acque sotterranee mai campionate in precedenza. Le frequenze di emungimento sono state:

- *Trimestrali* per 18 punti;
- *Semestrali* per 6 punti;
- *Annuali* per 13 punti.

I dati ottenuti sono caratterizzati da una certa variabilità spazio-temporale, quindi per fare un'analisi delle distribuzioni specifiche sono state create delle mappe di concentrazione dei diversi PFAS, per il cui indice è stato considerato il valore medio. Per i punti che nel 2024 hanno solamente un valore, questo è stato considerato come media annuale. Nell'allegato B (*"DISTRIBUZIONE SPECIFICA DELLE SOSTANZE PERFLUOROALCHILICHE NELLA RETE DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE CONT_PFAS – ANNO 2024"*) sono raccolte tutte le mappe sopra citate.

Per un'immediata lettura, gli stessi valori medi sono riportati in Figura 2 e in Tabella 5 di seguito.

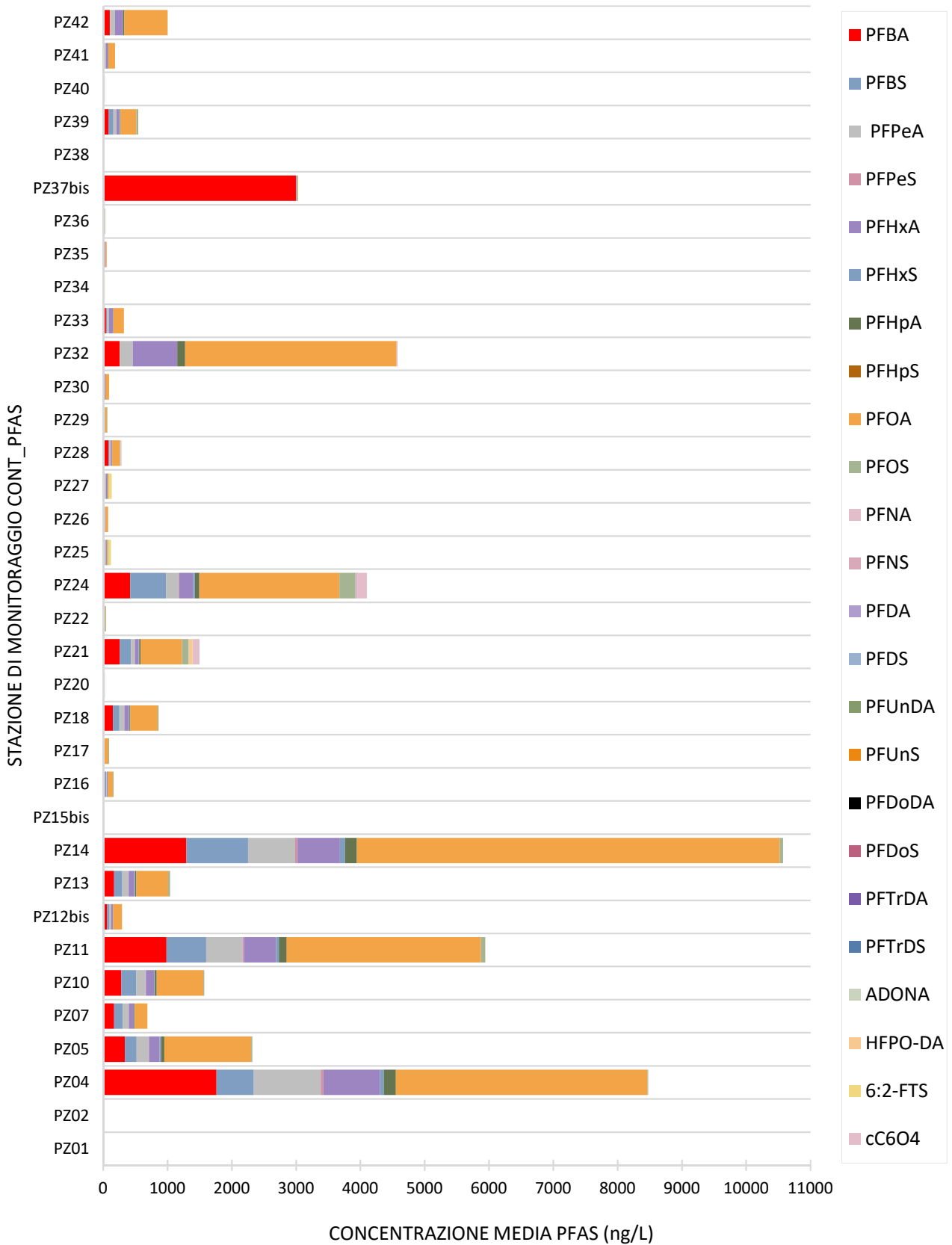


Figura 2: distribuzione specifica media delle sostanze Perfluoroalchiliche (PFAS) nella rete di monitoraggio CONT_PFAS (per PFOA e PFOS vengono considerate le somme degli isomeri lineari e ramificati)

Tabella 5: risultati del monitoraggio delle acque sotterranee nella rete CONT_PFAS nell'anno 2024 – valori medi

CONT_PFAS DATI 2024				VALORI MEDI ESPRESSI IN ng/l																							VALORI ESPRESSI IN µg/l							
ID	COMUNE	PROV.	N. TOT.	PFBA	PFBS	PFPeA	PFPeS	PFHxA	PFHxS	PFHpA	PFHpS	FOA Isomeri lineari	FOA Isomeri ramificati	FOA Isomeri totali	PFOS Isomeri lineari	PFOS Isomeri ramificati	PFOS Isomeri totali	PFNA	PFNS	PFDA	PFDS	PFUnDA	PFUnS	PFDoDA	PFDoS	PFTrDA	PFTrDS	ADONA	HFPO-DA	6:2-FTS	cCoO ₄	PFAS Totali MIN	PFAS Totali MAX	PFAS Totali medi
PZ01	Este	PD	1	<5	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	<0,010	<0,010	<0,010
PZ02	Este	PD	1	8	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	<0,010	<0,010	<0,010
PZ04	Cologna Veneta	VR	4	1762	580	1044	38	883	58	186	<2*	2584	1331	3914	3	9	12	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	4,129	11,21	8,477
PZ05	Cologna Veneta	VR	4	339	180	187	7	166	22	51	<2*	992	358	1350	<2*	17	18	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	1,668	2,622	2,321
PZ07	Cologna Veneta	VR	4	171	132	97	3	73	3	13	<2	113	83	196	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,438	1,114	0,687	
PZ10	Orgiano	VI	4	281	235	143	5	130	9	29	<2	479	247	726	7	9	16	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	1,025	2,125	1,573	
PZ11	Lonigo	VI	4	985	618	564	22	500	44	117	5	2089	932	3022	28	39	66	<2*	<2	<2*	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	5,578	6,505	5,943	
PZ12bis	Este	PD	4	60	33	31	<2	27	<2	6	<2	90	46	136	<2*	<2	<2*	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,255	0,327	0,294	
PZ13	Sarego	VI	4	171	127	96	4	87	12	20	<2	350	146	496	15	14	28	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,948	1,16	1,04	
PZ14	Sarego	VI	4	1294	961	732	35	659	80	187	<2*	4870	1705	6575	27	25	52	<2*	<2	<2*	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	6,09	13,658	10,577	
PZ15bis	Este	PD	1	<5	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	<0,010	<0,010	<0,010	
PZ16	Brendola	VI	4	24	25	10	<2	10	3	3	<2	57	19	76	7	6	12	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,139	0,187	0,163	
PZ17	Brendola	VI	4	9	8	<5	<2	<2	<2	1	<2	51	15	65	5	4	8	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,081	0,111	0,096	
PZ18	Brendola	VI	4	152	99	79	<2*	72	5	16	<2	307	116	423	9	6	15	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,704	1,112	0,863	
PZ20	Arzignano	VI	1	<5	15	<5	<2	<2	<2	<2	<2	3	<2	3	3	3	6	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,024	0,024	0,024	
PZ21	Sovizzo	VI	4	259	177	54	3	59	10	20	3	472	171	643	64	35	99	<2	<2	6	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	59	3	103	1,424	1,591	1,495
PZ22	Chiampo	VI	1	<5	23	<5	<2	2	2	<2	<2	6	<2	6	6	7	13	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,046	0,046	0,046	
PZ24	Creazzo	VI	4	419	559	196	9	219	27	67	6	1553	621	2173	166	84	250	3	<2	13	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	9	<2*	151	3,47	4,736	4,101
PZ25	Trissino	VI	1	17	12	13	<2	14	<2	3	<2	10	4	14	4	4	8	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	41	<10	0,122	0,122	0,122
PZ26	Trissino	VI	1	12	10	8	<2	7	<2	<2	<2	29	12	41	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,078	0,078	0,078	
PZ27	Trissino	VI	1	16	10	20	<2	19	<2	4	<2	10	3	13	3	5	8	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	42	<10	0,132	0,132	0,132
PZ28	Trissino	VI	4	82	18	19	<2	17	<2*	5	<2	99	19	118	3	5	7	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	6	<2	14	0,14	0,609	0,282
PZ29	Trissino	VI	1	20	6	<5	<2	5	<2	<2	<2	23	7	30	4	3	7	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,068	0,068	0,068	
PZ30	Trissino	VI	1	10	6	6	<2	13	<2	3	<2	41	15	56	<2	<2*	<2*	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,096	0,096	0,096	
PZ32	Trissino	VI	2	255	5	202	<2	692	<2	120	<2	2212	1077	3289	<2	<2	<2	17	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	3,346	5,812	4,579	
PZ33	Trissino	VI	2	46	17	30	<2	62	<2	6	<2	133	29	162	<2	<2*	<2*	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,282	0,366	0,324	
PZ34	Castelgomberto	VI	2	<5*	5	<5	<2	3	<2	<2	<2	3	<2	4	4	<2	6	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	6	<10	<0,010	0,04	0,023
PZ35	Castelgomberto	VI	1	29	8	<5	<2	3	<2	<2	<2	10	4	14	<2*	<2	<2*	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,056	0,056	0,056	
PZ36	Cornedo Vicentino	VI	1	<5	3	6	<2	6	<2	2	<2	8	<2*	10	3	3	6	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,033	0,033	0,033	
PZ37bis	Castelgomberto	VI	2	3002	5	7	<2	6	<2	<2	<2	8	4	11	<2*	<2	<2*	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	2,148	3,913	3,031	
PZ38	Romano d'Ezzelino	VI	1	<5	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	<0,010	<0,010	<0,010	
PZ39	Sarego	VI	4	83	76	45	3	43	9	11	<2	168	78	246	17	13	29	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,503	0,63	0,544	
PZ40	Montecchio M.	VI	4	7	<2	<5	<2	<2	<2	<2	<2	<2*	<2	3	4	<2*	17	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	<0,010	0,02	0,012	
PZ41	Vicenza	VI	4	22	<2	22	<2	34	<2	4	<2	70	32	102	<2*	<2*	<2*	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,177	0,192	0,183	
PZ42	Vicenza	VI	4	102	7	77	<2	121	<2	24	<2	434	235	669	2	3	5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<10	0,878	1,165	1,005	
TOT.			93	LA DIZIONE (<10, <5, <2, <0.010) RIPORTATA NEI VALORI MEDI DI CONCENTRAZIONE INDICA IL RISULTATO DI UN CALCOLO DELLA MEDIA INFERIORE AL LIMITE DI QUANTIFICAZIONE (LOQ) COME STABILITO DALLA DIRETTIVA 2009/90/CE, LA DIZIONE (<5*, <2*) INDICA INVECE UNA MEDIA INFERIORE AL LIMITE DI QUANTIFICAZIONE IN CUI È STATA RILEVATA ALMENO UNA VOLTA LA SOSTANZA CERCATA. IN ROSSO SONO EVIDENZIATI I SUPERAMENTI DEI VALORI SOGLIA PER LA CLASSIFICAZIONE DELLO STATO AMBIENTALE DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI FISSATI DAL DM 06.07.2016. TALI VALORI NON SONO DA CONFONDERE CON I LIMITI DI PERFORMANCE DELLE ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO DI CUI IL PARERE DELL'ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ.																														

Per quanto riguarda i congeneri più significativi ricercati di seguito vengono descritte le distribuzioni specifiche (dalla media dei dati ottenuti nel 2024), in ordine di lunghezza di catena crescente.

PFBA (Acido perfluorobutanoico) – C4

Questa specie si rileva ubiquitaria in quasi tutti i punti della rete di monitoraggio. Risulta il secondo congenere per valore di concentrazione. I valori sono superiori al limite di quantificazione in quasi tutti i punti della rete riflettendo come distribuzione il plume generale di contaminazione. Il punto CONT_PFAS 37Bis a Castelgomberto riporta il valore di concentrazione media più elevato.

(per questo e i seguenti si vedano le mappe di concentrazione presenti nell'Allegato B.)

PFBS (Acido perfluorobutansolfonico) – C4

Il PFBS rappresenta come intensità e distribuzione la terza specie inquinante, ubiquitario in quasi tutti i punti della rete di monitoraggio e riflette una distribuzione analoga ad altri congeneri come il PFBA o il PFHxA. Il punto CONT_PFAS PZ14 a Sarego riporta il valore di concentrazione media più elevato.

PFPeA (Acido perfluoropentanoico) – C5

Questo congenere rappresenta la quinta specie inquinante per rilevanza distribuendosi con valori di concentrazione significativi in quasi tutto il territorio indagato. Riflette come caratteristiche di distribuzione e di intensità altri congeneri (come il PFBS e PFHxA) presentando le maggiori concentrazioni in corrispondenza del fronte est della contaminazione e nell'area di Sarego-Lonigo. Il punto CONT_PFAS PZ04 a Cologna Veneta riporta il valore di concentrazione media più elevato.

PFHxA (Acido perfluoroesanoico) – C6

Questa specie, quarta sostanza inquinante, è quasi ubiquitaria in tutto il territorio indagato e, come per PFBS e PFPeA, i valori riflettono per distribuzione e intensità la geometria del plume generale d'inquinamento.

PFHpA (Acido perfluoroeptanoico) – C7

Questa sostanza è rilevata in concentrazioni significative in diversi punti della rete di monitoraggio (23 su 35) con eccezione di alcune aree laterali del plume di inquinamento, i valori massimi di concentrazione rilevati sono nell'ordine delle centinaia di ng/l nell'area di Sarego-Lonigo.

PFOA (Acido perfluoroottanoico) – C8

Il PFOA, per entità e diffusione, è il composto perfluoroalchilico più rilevante dell'inquinamento da PFAS. La sua distribuzione e intensità riflettono il plume inquinante con valori attesi superiori al migliaio di ng/l. La sua distribuzione è ubiquitaria in tutti i punti della rete di monitoraggio. Il punto CONT_PFAS PZ14 a Sarego riporta il valore di concentrazione media più elevato.

PFOS (Acido perfluoroottansolfonico) – C8

La distribuzione di questa specie si presenta con maggiore intensità nell'area di alta pianura in particolare fra Sovizzo e Creazzo. I punti della rete con maggiore concentrazione sono il CONT_PFAS PZ24 e PZ21.

Di seguito, in Tabella 6, vengono riportati i superamenti dei valori soglia per singolo campionamento, evidenziati in rosso, secondo il DM 06/07/2016 del MATTM. Si fa notare che i superamenti di PFOA e PFOS fanno riferimento solo agli isomeri lineari, come stabilito dalla nota della Giunta Regionale, verbale della seduta della Commissione Ambiente e Salute del 19 giugno 2020, nella quale si esplicita quanto segue: “Il D.Lgs. 172/2015 e il DM 06.07.2016, che hanno introdotto gli standard di qualità ambientale per i PFAS nelle acque, rispettivamente, superficiali e sotterranee recano numeri di CAS (Chemical Abstract Service) identificativi delle sole forme lineari di PFOS e PFOA”.

Si evidenzia inoltre che i punti con superamenti sono all'interno del plume storico di contaminazione.

Tabella 6: superamenti dei valori soglia, (evidenziati in rosso) per PFOA e PFOS vengono considerati solamente gli isomeri lineari

SUPERAMENTO DEI VALORI SOGLIA COME DA DECRETO DEL 6 LUGLIO 2016 DEL MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE							
ID	DESCRIZIONE	DATA	PFPeA (>3000 ng/l)	PFHxA (>1000 ng/l)	PFBS (>3000 ng/l)	PFOA (>500 ng/l)	PFOS (>30 ng/l)
PZ04	CONT_PFAS PZ04 - Cologna Veneta - Piazzale Vittorio Veneto	25/03/2024	1394	1166	729	3176	<2
		26/06/2024	1365	1159	772	3438	4
		23/09/2024	439	369	319	1444	5
		09/12/2024	977	838	500	2276	2
PZ05	CONT_PFAS PZ05 - Cologna Veneta - Piazzale Vittorio Veneto	25/03/2024	77	90	92	897	<2
		26/06/2024	181	166	173	1204	4
		23/09/2024	283	226	273	866	<2
		09/12/2024	205	181	183	1002	<2
PZ10	CONT_PFAS PZ10 - Orgiano - Via Villa Veronese	21/03/2024	201	181	322	636	10
		20/06/2024	85	81	151	323	8
		23/09/2024	159	142	267	517	4
		17/12/2024	125	114	201	440	7
PZ11	CONT_PFAS PZ11 - Lonigo - Istituto Tecnico Agrario Trentin	13/03/2024	606	536	685	2347	46
		24/06/2024	523	468	591	1951	33
		03/09/2024	581	506	629	2127	1
		16/12/2024	545	488	568	1932	30
PZ14	CONT_PFAS PZ14 - Sarego - Via A. Palladio	07/03/2024	664	614	945	4421	40
		17/06/2024	837	758	1184	6663	11
		10/09/2024	514	444	660	2308	53
		10/12/2024	911	819	1056	6089	5
PZ21	CONT_PFAS PZ21 - Sovizzo - Via S. Giuseppe	19/03/2024	60	66	191	521	85
		25/06/2024	51	60	168	461	63
		23/09/2024	54	59	168	481	50
		05/12/2024	50	52	180	426	59
PZ24	CONT_PFAS PZ24 - Creazzo - Parco dei Tigli	19/03/2024	224	256	674	1776	239
		25/06/2024	190	218	565	1502	160
		23/09/2024	196	215	536	1667	110
		05/12/2024	172	186	461	1266	154
PZ32	CONT_PFAS PZ32 - Trissino - Via Dalle Ore (Villa Buffa)	05/03/2024	252	864	7	2865	<2
		12/09/2024	152	520	3	1558	<2
PZ42	CONT_PFAS PZ42 - Vicenza - Via Granezza, Parco Giochi (località Ferrovieri)	20/03/2024	89	141	<2	507	4
		19/06/2024	68	108	<2	378	<2
		26/09/2024	77	123	<2	446	3
		16/12/2024	72	112	<2	404	<2

3.3 MONITORAGGIO IN CONTINUO

Uno degli obiettivi previsti dall'accordo sottoscritto con la Regione Veneto era di *“Realizzare un sistema di telecontrollo da remoto con apposita strumentazione geograficamente distribuita per la supervisione della rete di monitoraggio e sviluppo di software presso un centro di controllo”* (vedi pagina 9).

Al fine di perseguire tale obiettivo, è stato progettato un sistema di monitoraggio in continuo dotando di strumentazione specifica alcuni piezometri realizzati nel corso del progetto. Tale strumentazione permette le registrazioni in continuo dei seguenti parametri:

- Conducibilità Specifica [$\mu\text{S}/\text{cm}$];
- Temperatura [$^{\circ}\text{C}$];
- Quota della falda [m s.l.m.].

Tramite i dati registrati, si è voluto dare una prima interpretazione degli acquiferi analizzati provando ad evidenziare e comprendere alcune peculiarità ed eventuali trend.

Descrizione della strumentazione

La strumentazione installata è costituita da una sonda (1) per il rilevamento del livello piezometrico, temperatura e conducibilità dell'acqua, un dispositivo di telemetria (2) per la registrazione e la trasmissione dei dati, un cavo di collegamento (3) per posizionare la sonda alla profondità desiderata ed un'antenna (4).

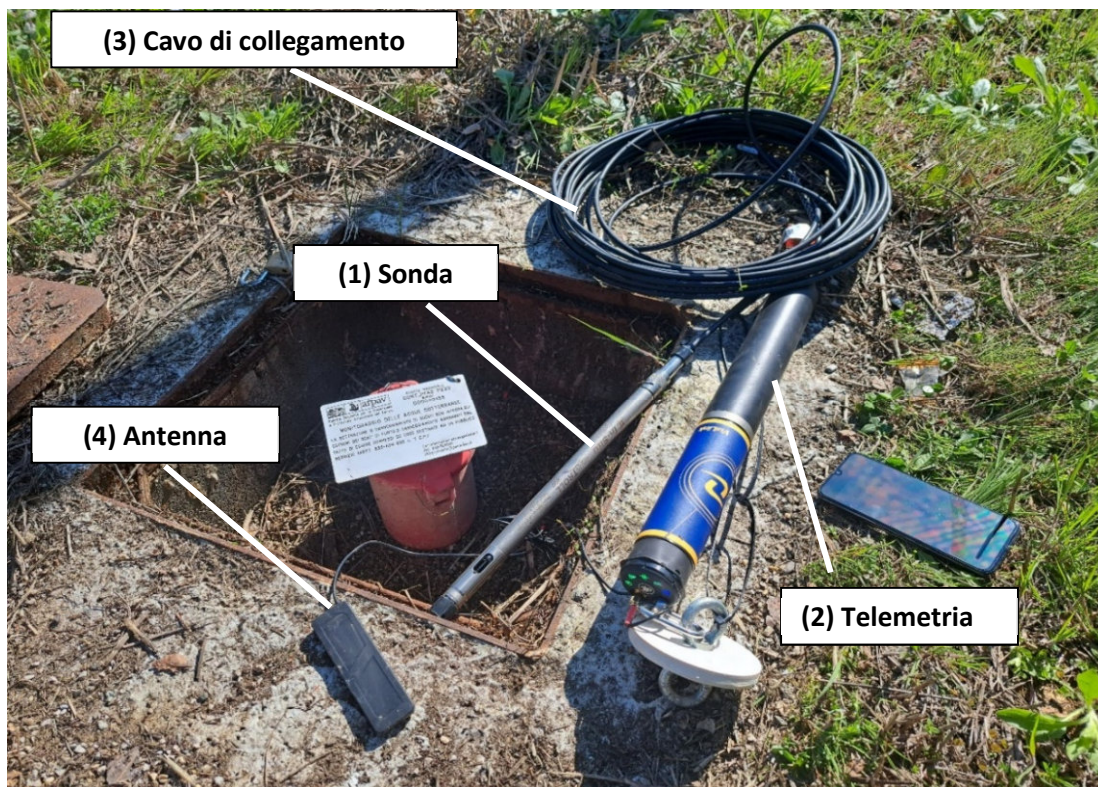


Figura 3: piezometro e strumentazione installata

Ubicazione delle sonde

Sono 7 i piezometri del progetto CONT_PFAS riportanti la strumentazione precedentemente descritta, distribuiti tra le province di Verona, Padova e Vicenza. Nella decisione dei punti da attrezzare per il monitoraggio in continuo, si è andati a scegliere quelli che potessero colmare le zone della rete freaticometrica carenti di informazioni.

In particolare, le aree in cui sono state messe in opera le sonde sono:

- **Brendola** (PZ16, PZ17)
- **Chiampo** (PZ22)
- **Cologna Veneta** (PZ04)
- **Este** (PZ01)
- **Orgiano** (PZ10)
- **Trissino** (PZ26)

Di seguito si esplicitano in tabella le informazioni principali di ogni piezometro e la relativa sonda. Tale tabella contiene informazioni in merito al Codice SIRAV del piezometro, la profondità dell'opera, la profondità di installazione della sonda (Lung_cavo) e il range entro il quale la sonda può essere installata per sostenere la pressione esercitata dalla colonna d'acqua.

Tabella 7: informazioni principali di ogni piezometro e la relativa sonda in continuo installata

SIRAV	Denominazione	Quota GPS [m s.l.m.]	Prof.opera [m]	Lung_cavo [m]	Range [m]
500040126	PZ16	47,501	31,00	20,1	0-21
500040129	PZ17	47,637	85,80	62,5	0-70
500040133	PZ22	139,935	35,00	20,1	0-21
500040117	PZ04	22,41	29,65	18,3	0-21
500040115	PZ01	8,524	14,48	10,1	0-11
500040120	PZ10	20,096	35,00	13,1	0-21
500040136	PZ26	116,126	30,05	20,1	0-11

In Figura 4, la mappa riportante l'ubicazione delle sonde in continuo installate.

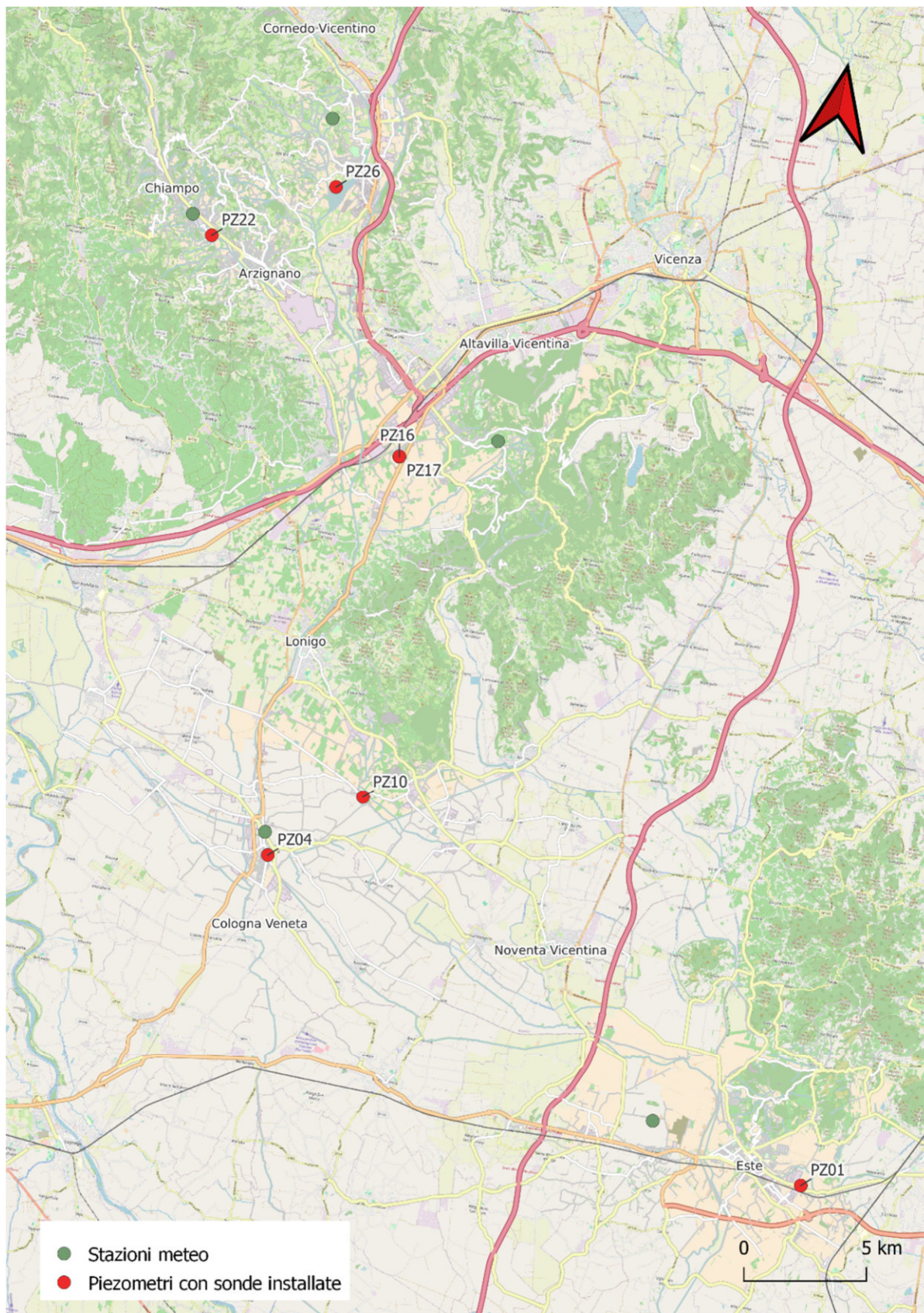


Figura 4: ubicazione piezometri con sonde installate e stazioni meteo limitrofe

Analisi dei parametri registrati

Il periodo di registrazione e analisi dei dati qui riportato fa riferimento ai mesi di Luglio 2024 e Giugno 2025. Nonostante le sonde siano state installate nei primi mesi del 2024, è stato necessario risolvere, assieme alla ditta fornitrice, alcune criticità legate alla trasmissione del segnale. Di conseguenza nel periodo precedente vi sono intervalli temporali di assenza di dati. Si è deciso per questo di analizzare un periodo di registrazione uniforme per tutti i piezometri per poter procedere, in alcuni casi, ad un confronto tra stesse variabili in diversi piezometri.

Per ciascuno dei parametri si è andati a determinare i parametri statistici:

- Minimo;
- Media;
- 25esimo percentile;
- Mediana;
- 75esimo percentile;
- Massimo;
- Deviazione Standard.

Per realizzare lo studio dei dati, ci si è avvalsi inoltre delle stazioni meteorologiche gestite da ARPAV (Figura 4) presenti nelle aree di realizzazione dei piezometri, così da ottenere un confronto tra gli eventi meteorologici e l'andamento delle variabili monitorate del sottosuolo

Sono stati quindi realizzati i seguenti grafici, per ciascuna stazione:

- Variazione della Quota di falda e Precipitazioni cumulate giornaliere;
- Andamento Temperatura e Conducibilità specifica;
- Confronto tra Temperatura dell'acqua e Temperatura dell'aria a 2 metri dal suolo, attraverso rappresentazione *box-plot* dei valori mensili.

I dati sono stati analizzati utilizzando il linguaggio di programmazione R, all'intero dell'ambiente di sviluppo *RStudio*. Questo strumento statistico consente l'elaborazione dei dati, l'esecuzione di analisi quantitative e la produzione di rappresentazioni grafiche a supporto dell'interpretazione dei risultati.

L'analisi completa eseguita viene riportata nell'Allegato C: "Automazione Reti di Monitoraggio".

Di seguito si riassumono le considerazioni ottenute da questa fase di studio, riguardanti delle prime indicazioni sugli acquiferi indagati, evidenziando alcune peculiarità idrogeologiche ed evoluzione dei parametri monitorati.

Sono emerse alcune informazioni interessanti riguardo al **comportamento degli acquiferi di alta e bassa pianura**. In particolare, negli acquiferi di alta pianura si osserva una maggiore variabilità dei livelli di falda, verosimilmente legata alla composizione dei terreni. Nel grafico qui di seguito (Figura 5), si riporta la variazione della quota della falda rispetto al minimo assoluto della stazione analizzata, confrontate nel medesimo periodo. In questo modo risultano evidenti le variazioni dell'acquifero collocato in alta pianura (PZ26 Trissino) dovute all'abbondanza o scarsità di precipitazioni rispetto a quello di bassa pianura (PZ04 Cologna Veneta).

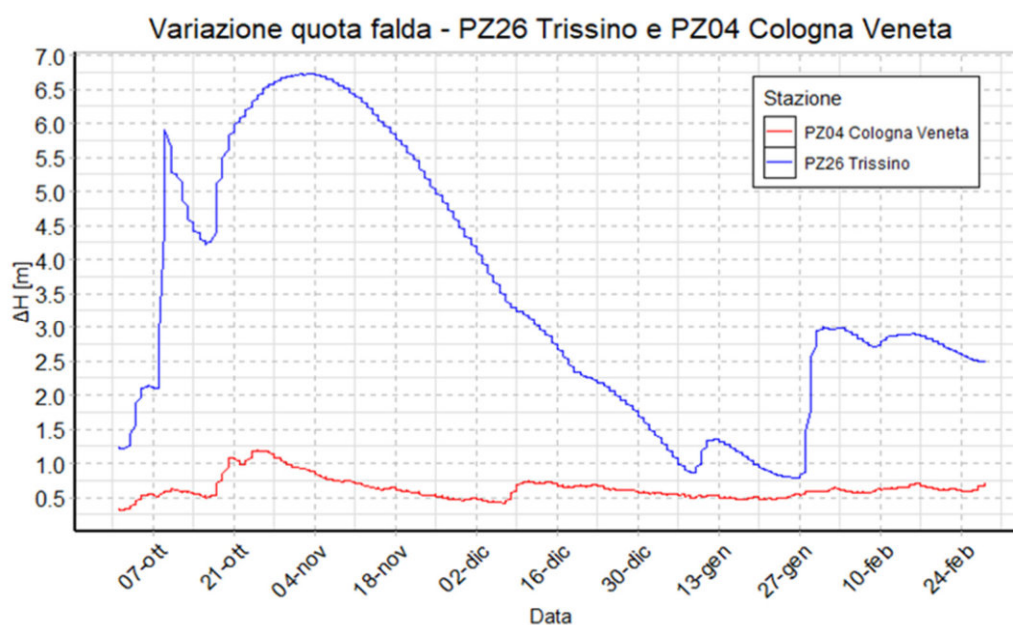


Figura 5: confronto tra livelli di falda di alta (PZ26) e bassa pianura (PZ04)

Un altro comportamento che si intende sottolineare dall'analisi effettuata, riguarda **l'andamento delle temperature** dell'acquifero di alcune aree. In particolare nel piezometro di Chiampo (PZ22), e in misura minore anche in quello di Este (PZ01), si nota una certa stagionalità di tale parametro. In PZ22, tramite il confronto tra la temperatura dell'acqua e la temperatura esterna dell'aria, è evidente che vi sia un comportamento opposto tra le due variabili: si ipotizza una possibile inerzia termica del sottosuolo, in cui l'impulso termico estivo raggiunge i livelli più profondi con un ritardo di diversi mesi.

Tramite la rappresentazione box plot qui di seguito riportata (Figura 6), è appunto possibile osservare come la temperatura dell'acqua registrata sia massima nei mesi di Ottobre/Novembre.

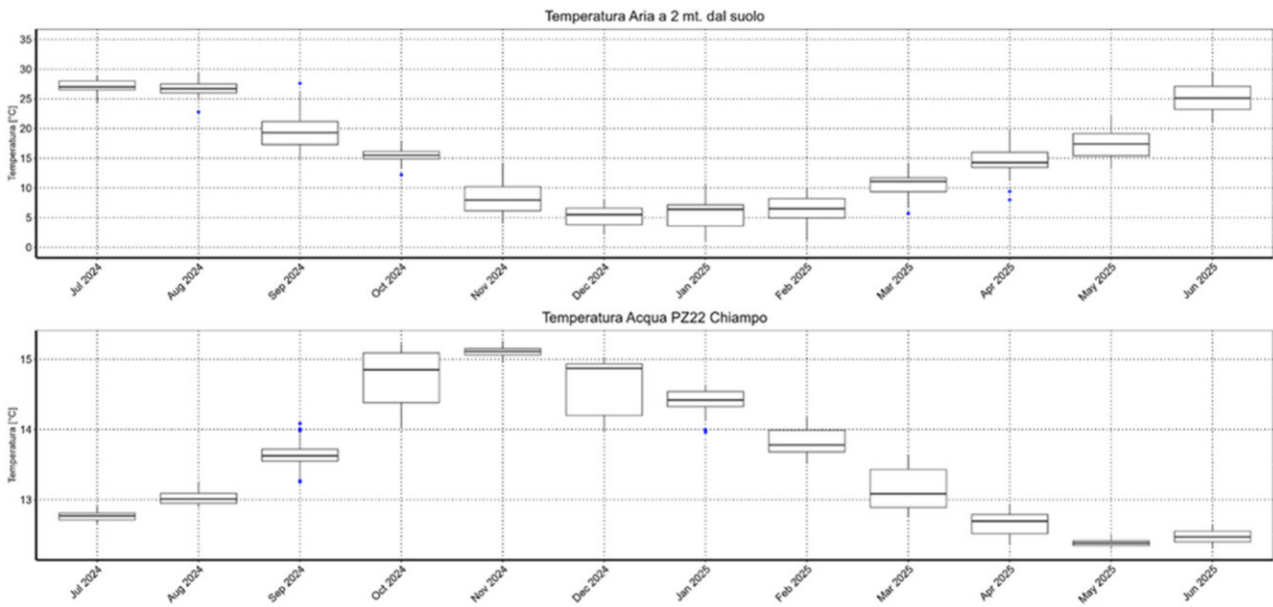


Figura 6: rappresentazione box-plot della temperatura dell'aria e acqua a Chiampo (PZ22)

Interessante sottolineare anche i dati di conducibilità e temperatura registrati nelle stazioni di **monitoraggio di Brendola**. I due piezometri sono collocati nella stessa zona ma hanno profondità differenti, PZ16 (- 40 m da B.P.) e PZ17 (-87 m da B.P.), intercettano perciò due acquiferi, come evidenziato dai comportamenti distinti dei parametri rilevati.

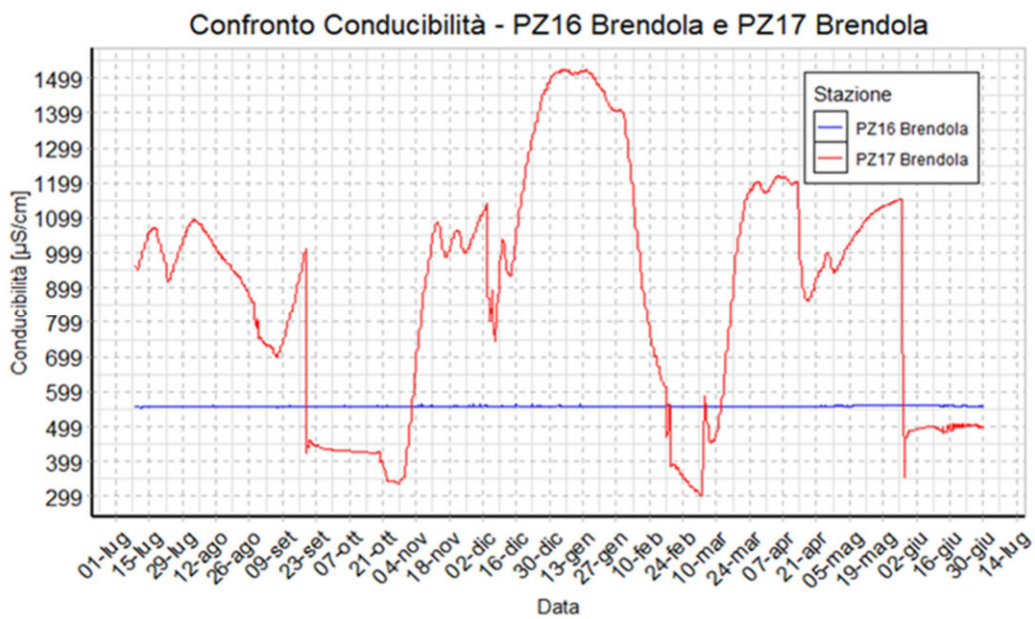


Figura 7: confronto tra la conducibilità dei due piezometri PZ16 (superficiale) e PZ17 (profondo)

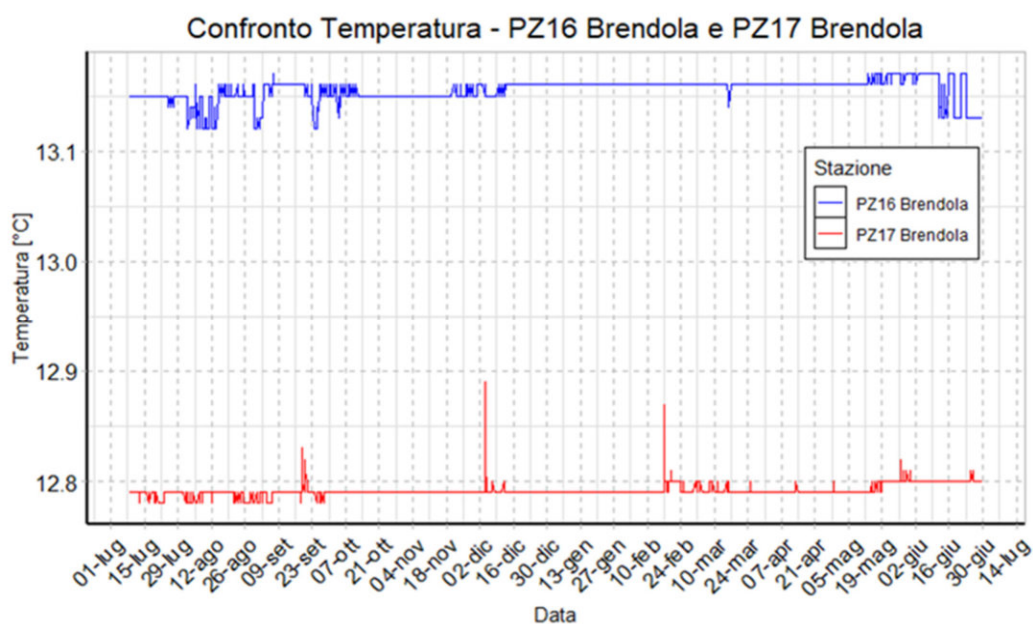


Figura 8: confronto tra le temperature dei due piezometri PZ16 (superficiale) e PZ17 (profondo)

Nello specifico, la falda più profonda (PZ17) che ha una quota piezometrica maggiore, ha una temperatura minore rispetto all'acquifero superficiale e una maggiore variabilità della conducibilità durante l'anno. Una prima ipotesi dei comportamenti differenti è riferibile al fatto che lo strato più profondo possa essere alimentato dall'acquifero indifferenziato posto a monte delle risorgive (valle dell'Agno e Montecchio Maggiore) e dalle infiltrazioni meteoriche dei Colli Berici dovute alla loro natura calcarea. Di conseguenza, la quota delle infiltrazioni risulta maggiore rispetto alle acque di alimentazione della falda più superficiale e per tale motivo anche le variabili temperatura e conducibilità possono essere influenzate da questi apporti.

Nei prossimi monitoraggi sarà fondamentale incrementare la quantità e la qualità dei dati disponibili, così da poter consolidare le valutazioni preliminari, verificare la coerenza delle misure e ridurre l'incertezza complessiva delle analisi.

Un aspetto da tenere in considerazione inoltre, sarà la costante verifica della corretta calibrazione degli strumenti. Questa progressiva attività di validazione e ampliamento della base dati potrà permettere di rafforzare l'interpretazione del comportamento degli acquiferi e porre le basi per lo sviluppo di un modello previsionale.

4 | ANALISI NON-TARGET (NTA)

4.1 INTRODUZIONE

La NTA (*Non-Targeted Analysis*) è un approccio analitico che consiste nell'identificazione di tutte le sostanze chimiche rilevate in un campione, senza limitarsi a una lista predefinita di composti da cercare. Si basa però su un approccio statistico (probabilistico), quindi la determinazione quantitativa delle sostanze deve essere comunque seguita da una tecnica analitica specifica per i composti che sono stati evidenziati con la tecnica NTA.

Il 23 luglio 2024 si è iniziata l'attività di analisi ed elaborazioni non-target (NTA) su alcuni campioni di acque sotterranee prelevati in prossimità della sorgente di contaminazione ex-MITENI con l'obiettivo di determinare composti fluorurati di vario tipo e confermare la presenza di alcuni tipi di idrossil benzotrifluoruri (Hydroxy-BTFs o HBTFs) precedentemente individuati dal Dipartimento Regionale Laboratori di Verona.

Il motivo per il quale lo studio si è focalizzato sulla ricerca di tali composti è che questi ultimi, a partire dagli anni 1966-1967, sono stati impiegati nelle attività industriali dell'area ex-MITENI. Lo stabilimento chimico di Trissino (VI) fu realizzato alla fine del 1966 dalla società RiMar (acronimo di "Ricerche Marzotto") al fine di sviluppare le ricerche nel campo delle applicazioni tessili del gruppo Marzotto. La società, che negli anni successivi ha aumentato la propria specializzazione nella chimica del Fluoro (F), ha prodotto per decenni benzotrifluoruri (BTF), fluoroaromatici (FA) e perfluoroderivati con varie applicazioni nel mondo dell'agrochimica, della farmaceutica e dei prodotti di *performance*, i quali conferiscono caratteristiche particolari ai prodotti finali dei clienti, come ad esempio lo scivolamento sulla neve (per la produzione di sciolina) o l'ininfiammabilità (policarbonato e schiumogeni) [2]. In seguito all'analisi NTA quindi è stato sviluppato un primo approccio target per gli HBTFs ottimizzando le condizioni strumentali, sia per la parte cromatografica sia per la parte di rivelazione.

Le stazioni di campionamento sono riportate nella Figura 9 ed identificate come nella seguente tabella.

Tabella 8: identificazione dei campioni analizzati per analisi NTA

ID STAZIONE	DATA PRELIEVO	NUMERO CAMPIONE	CODICE SIRAV	DESCRIZIONE	TIPO	COMUNE	PROV.	ACQUIFERO	PROFONDITA' (m)
EX-RIMAR	15/02/2024	952662	500038207	Falda a valle POC2P KORIS ITALIA S.R.L.	POZZO	TRISSINO	VI	ALTA PIANURA	36
MW18	22/02/2024	953636	500033017	Pozzo Ispezione - MW18 -Piezometro posizionato in direzione Sud - MITENI SPA	POZZO	TRISSINO	VI	ALTA PIANURA	20
SAREGO	06/03/2024	955388	500031229	3047 Via Palazzetto, 30 RS PFAS	POZZO	SAREGO	VI	MEDIA PIANURA	0

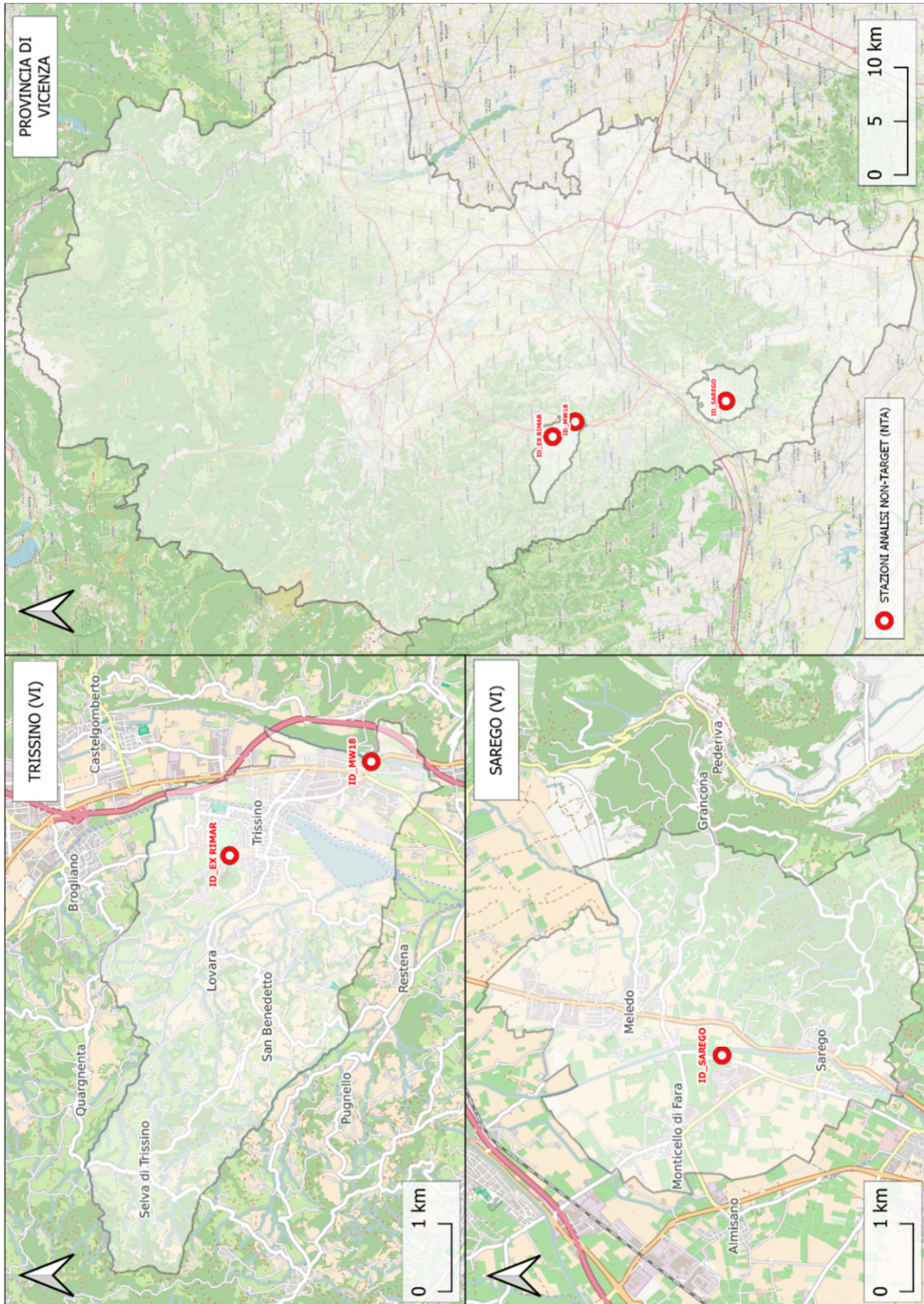


Figura 9: ubicazione delle stazioni di campionamento interessate dall'analisi NTA

Tutte le attività riguardanti la parte analitica sono descritte in modo esaustivo nell'Allegato D, ma in sintesi possono essere distinte n. 3 parti:

1. *Configurazione strumentale e analitica*: analisi dei campioni attraverso un sistema a cromatografia liquida seguito da rilevatore ad alta risoluzione (HLPC-HRMS);
2. *Elaborazione file RAW*: elaborazioni dei file RAW utilizzando il programma Compound Discover™ fornito da Thermo;
3. *Elaborazioni target per gli idrossil benzotrifluoruri*.

L'attività ha cercato quindi di determinare qualitativamente tutti i possibili inquinanti presenti nei campioni e di valutarne i contributi nei vari punti di prelievo. È stata poi posta l'attenzione sui composti di interesse (idrossil benzotrifluoruri) definendo un protocollo analitico per la loro determinazione routinaria.

4.2 ANALISI DEI RISULTATI

Dal punto di vista **qualitativo**, nelle stazioni oggetto di studio è stata rilevata la presenza di n.62 composti, di natura e origini diverse tra loro, definendo la presenza come "scarsa", "moderata" e "abbondante". Si rimanda all'Allegato D per la spiegazione esaustiva dei risultati e la descrizione delle sostanze rilevate.

Come esplicitato in Tabella 9, l'analisi **quantitativa** dei campioni ha rilevato la presenza di Hydroxy-BTFs (HBTFs) esclusivamente nel pozzo MW18, con concentrazioni di 102 µg/L per il composto *3,5-dinitro-4-hydroxy-benzotrifluoride* (C₇H₃F₃O₅N₂) e di 6,7 µg/L per i composti *3-hydroxy-benzotrifluoride* (C₇H₅F₃O) e *4-hydroxy-benzotrifluoride* (C₇H₅F₃O).

Tabella 9: concentrazioni di HBTFs sottoposti a indagine

ID STAZIONE	DATA PRELIEVO	NUMERO CAMPIONE	3-idrossi-BTF (CAS-98-17-9)	4-idrossi-BTF (CAS-402-45-9)	4-cloro-3-idrossi-BTF (CAS-40889-91-6)	3-cloro-4-idrossi-BTF (CAS-35852-58-5)	3-nitro-4-idrossi-BTF (CAS-400-99-7)	3,5-dinitro-4-idrossi-BTF (CAS-393-77-1)
EX-RIMAR	15/02/2024	952662	n.r.*	n.r.*	n.r.*	n.r.*	n.r.*	n.r.*
	19/02/2025	1003759	< 0,3		< 0,3		< 0,1	< 0,2
MW18	22/02/2024	953636	6,7	6,7	n.r.*	n.r.*	n.r.*	102
	18/02/2025	1003569	< 0,3		< 1,1		< 0,1	5,4
	12/03/2025	1006345	< 0,3		< 1,0		< 0,1	3,2
SAREGO	06/03/2024	955388	n.r.*	n.r.*	n.r.*	n.r.*	n.r.*	n.r.*

* L'abbreviazione n.r. viene inteso come parametro "non rilevato".

Le concentrazioni di HBTFs rilevate in questo studio non possono essere confrontate con valore limite ambientali specifici e distinti o concentrazione soglia di contaminazione (CSC) per le acque sotterranee, perché non esiste ancora una norma che stabilisce delle restrizioni per questo tipo di sostanze. Solo l'Istituto Superiore di Sanità col Parere ISS n. 7213/2018 (P.I.ISS N. 3994 DAS 01.00 del 07/02/2018)¹ ha stabilito "valori di concentrazione limite accettabili" e/o CSC per i composti sottoelencati, sia per la matrice acqua sotterranea che suolo (Tabella 10).

Tabella 10: valori di concentrazione limite accettabili e/o di CSC per alcuni composti HBTFs

Nome sostanza	N°CAS	CSC suolo ad uso verde pubblico, privato e residenziale (mg/kg)	CSC suolo ad uso commerciale e industriale (mg/kg)	CSC Acque sotterranee (µg/L)
4-Cloro- α,α,α -trifluorotoluene	98-56-6	120	1700	21
3,4-Diclorobenzotrifluoruro	328-84-7	120	1700	21
2,4 diclorobenzotrifluoruro	320-60-5	120	1700	21
3-Trifluorometilanilina	98-16-8	58	840	10,5
2,4-dicloro-5-nitrobenzotrifluoruro	400-70-42	58	840	10,5
4-dicloro-3,5-dinitrotrifluoruro	29091-09-6	58	840	10,5
4-cloro-3,5-dinitro-benzotrifluoruro	393-75-9	58	840	10,5
4-Cloro- α,α,α -trifluoro-3-nitrotoluene	121-17-5	58	840	10,5

¹ "Oggetto: accertamenti eseguiti su delega della Procura di Vicenza (Proc. Pen. n. 1943/16 RGNR) in relazione all'inquinamento da PFAS avvenuto nelle province di Vicenza, Verona, Padova"

5 | BIOMONITORAGGIO

L'ultimo studio condotto di questo progetto riguarda l'indagine sperimentale di biomonitoraggio. Lo scopo era quello di sviluppare un metodo, basato sull'analisi degli artropodi terricoli, per verificare le possibili vie di diffusione dei PFAS in atmosfera e che potesse evidenziare l'esistenza di siti potenzialmente contaminati da PFAS anche in modo discontinuo e puntuale.

Le sostanze di derivazione antropica si spostano da una matrice ambientale all'altra e spesso è necessario valutarne la presenza in concentrazioni molto basse, soprattutto se si tratta di interferenti endocrini cioè di sostanze che possono alterare il normale funzionamento del sistema ormonale. Inoltre le matrici ambientali (aria, suolo, ecc.) sono molte volte disomogenee e i metodi di campionamento possono avere un peso rilevante nel risultato analitico finale. Il monitoraggio del biota, invece, sfrutta i principi di bioaccumulo e biomagnificazione che permettono di avere una concentrazione più elevata nel campione biologico e gli artropodi atteri, restando a contatto con diverse matrici (aria, suolo, pioggia, ecc.), raccolgono i potenziali effetti di un inquinamento diffuso e/o puntuale. In questo studio gli esemplari scelti sono coleotteri terricoli come Carabidi e Stafilinidi che, essendo predatori, ci si aspetta sviluppino maggiore bioaccumulo/biomagnificazione. Nonostante il biomonitoraggio non possa essere considerato alternativo al monitoraggio strumentale, precedenti studi [3, 4, 5, 6] ne hanno comunque ampiamente dimostrato l'efficacia per ottenere la valutazione dello stato ambientale di un'area e per evidenziare degli eventuali schemi di diffusione degli inquinanti.

Lo studio è stato strutturato in base ai risultati ottenuti in corso d'opera, sviluppandosi in definitiva in 3 fasi. Nella FASE 1 (2022) è stata valutata la fattibilità dell'esperimento, considerando la presenza o meno degli artropodi e la loro concentrazione in PFAS in 4 punti di monitoraggio:

- 1 punto in prossimità della fonte (ex-MITENI);
- 1 punto all'interno del plume storico di contaminazione;
- 2 punti supposte zone di "bianco", all'esterno del plume storico di contaminazione.

Nella FASE 2 (2023) sono state ripetute le stesse attività per aumentare il set di dati, aggiungendo altri punti di "bianco" sempre esterni al plume di contaminazione, ma remoti rispetto a quelli della FASE 1.

Infine nella FASE 3 (2024) è stato applicato il metodo di cattura e analisi nelle immediate vicinanze al sito ex-MITENI. Considerando le variabili, per esempio orografia e venti prevalenti, è stato quindi possibile valutare come i PFAS si sono dispersi in atmosfera durante l'attività produttiva e comparare tali risultati con i dati dei siti di "bianco".

Nell'arco dei 3 anni di indagine sono stati fatti degli ulteriori approfondimenti nei siti principali, in riferimento ad altre matrici ed in particolare attraverso analisi sui terreni e deposizioni aeree.

Zone di raccolta

Le indagini sono state effettuate in diverse zone (descritte in allegato E, riassunte di seguito in Figura 10 e Figura 11), classificate in 5 casi studio:

- Trissino: area limitrofa lo stabilimento ex-MITENI;
- Sarego - Monticello di Fara: area interna al plume, di interesse [7];
- Gambugliano e Nanto (Vicenza): area di “bianco”, esterno al plume;
- Tambre (Belluno): area di “bianco”, esterno al plume, remota;
- Perarolo di Cadore (Belluno): area di “bianco”, esterno al plume, remota;
- Areale di 4 km da sito contaminato: area di 4 km dallo stabilimento ex-MITENI.

Ove possibile l'indagine è stata condotta in parallelo tra superfici agricole (con movimentazione del terreno, irrigazione e concimazione) e superfici boscate (non soggette a particolari perturbazioni dell'orizzonte). Le zone sono tra di loro attigue ma non direttamente connesse, cioè divise da corsi d'acqua o carreggiate stradali. Di seguito si riportano i siti di campionamento dell'intero progetto di biomonitoraggio.

Tabella 11: identificazione siti di campionamento di biomonitoraggio

Identificazione	SIRAV	COMUNE	ZONA	
MA	500037736	Trissino	Aperta (agricola)	Sito inquinato
MB	500037737	Trissino	Bosco	Sito inquinato
SD	500037748	Sarego	Aperta (argine/vigneto)	Sito interno al plume
GA	500037741	Gambugliano	Aperta (agricola)	Sito esterno al plume
GB	500037742	Gambugliano	Bosco	Sito esterno al plume
BP	500037744	Nanto	Bosco (e prato)	Sito esterno al plume
PP	500038698	Perarolo di Cadore	Aperta (pascolo)	Sito esterno al plume
PB	500038699	Perarolo di Cadore	Bosco	Sito esterno al plume
TP	500038696	Tambre	Aperta (pascolo)	Sito esterno al plume
TB	500038697	Tambre	Bosco	Sito esterno al plume
2	500041170	Trissino	Aperta (agricolo)	Sito interno al plume
3	500041171	Trissino	Aperta (aiuola)	Sito inquinato
5	500041172	Trissino	Aperta (incolto)	Sito interno al plume
6	500041173	Trissino	Aperta (aiuola)	Sito interno al plume
7	500041174	Trissino	Aperta (aiuola)	Sito inquinato
8	500041175	Trissino	Aperta (agricolo)	Sito interno al plume
9	500041176	Trissino	Aperta (agricolo)	Sito interno al plume
10	500041177	Trissino	Aperta (incolto)	Sito interno al plume
11	500041178	Trissino	Aperta (agricolo)	Sito interno al plume
12	500041179	Trissino	Aperta (agricolo)	Sito interno al plume
13	500041180	Trissino	Aperta (agricolo)	Sito interno al plume
14	500041181	Trissino	Aperta (parco giochi)	Sito interno al plume
15	500041182	Castelgomberto	Aperta (agricolo)	Sito interno al plume
16	500041183	Arzignano	Aperta (agricolo)	Sito interno al plume
17	500041184	Trissino	Aperta (agricolo)	Sito interno al plume
18	500041185	Castelgomberto	Aperta (agricolo)	Sito interno al plume
19	500041186	Trissino	Aperta (agricolo)	Sito interno al plume
20	500041187	Arzignano	Aperta (agricolo)	Sito interno al plume

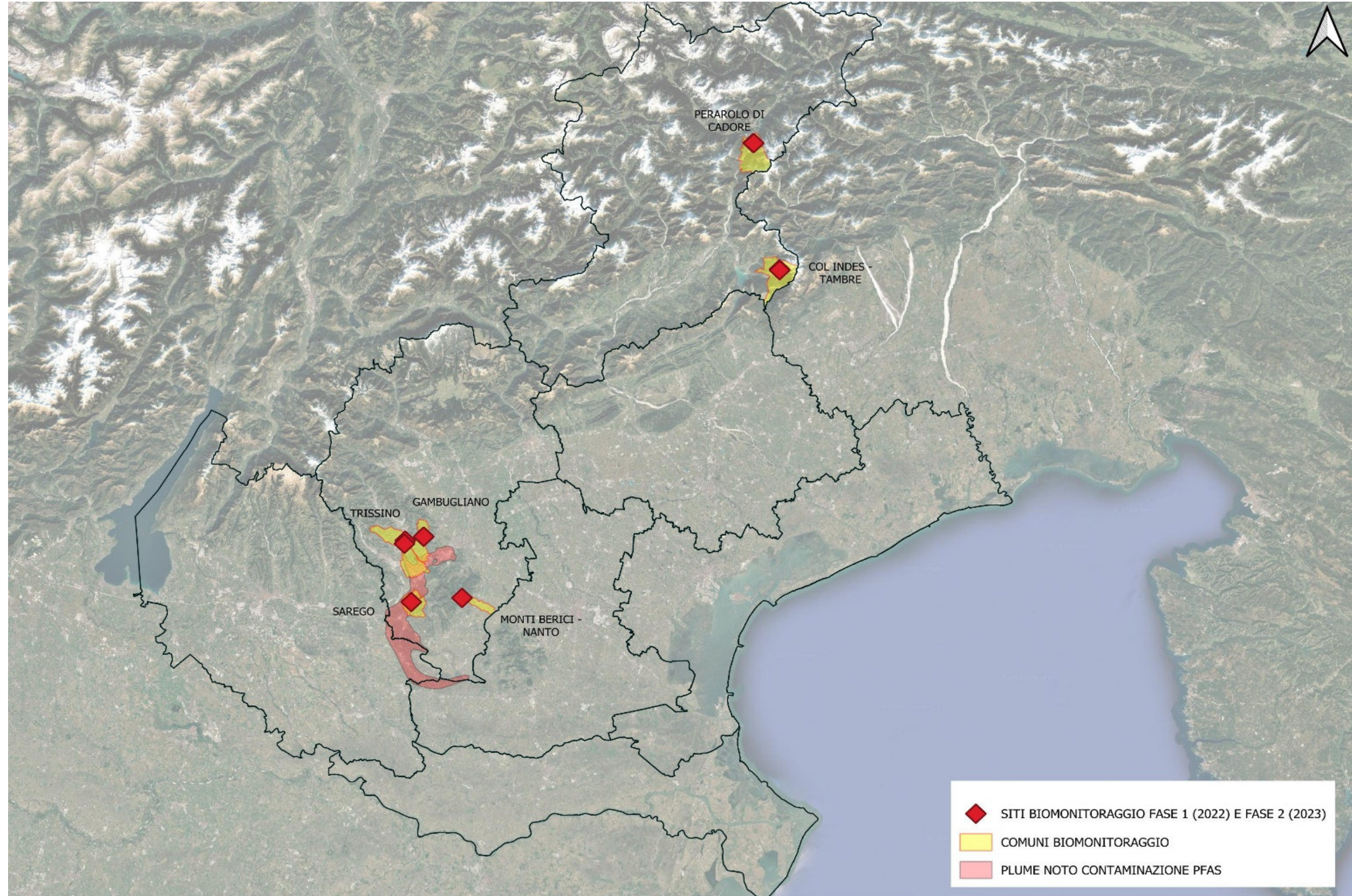


Figura 10: zone di biomonitoraggio: Trissino, Sarego, Gambugliano, Nanto, Tambre, Perarolo di Cadore

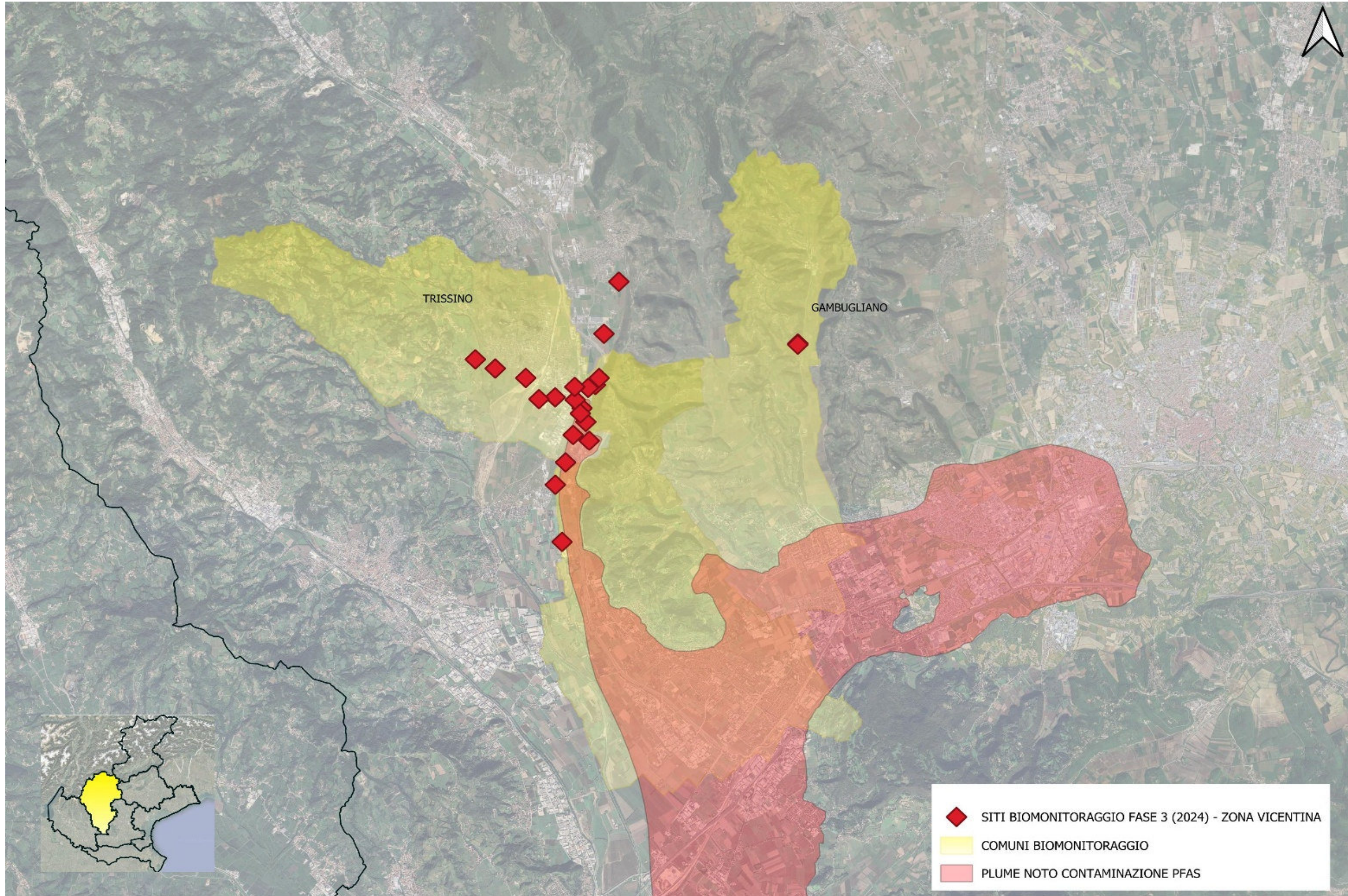


Figura 11: zone di biomonitoraggio: areale di 4 km da sito ex-MITENI, Gambugliano

Definizione temporale

Le tempistiche di lavoro sono specificate in dettaglio nell'allegato E, mentre di seguito (Tabella 12) si riportano le frequenze quindicinali indicative del lavoro svolto nei tre anni di progetto, a seconda delle zone. È necessario infatti valutare il periodo di attività degli artropodi, che con il calare delle temperature diminuiscono la loro attività vitale.

Tabella 12: definizione temporale dell'attività di biomonitoraggio (intervallo bisettimanale, P=pianura; S-A=sub-alpina)

CALENDARIO QUINDICINALE		APRILE		MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE		NOVEMBRE		
CAMPIONAMENTO CONOSCITIVO		P	P	P S-A	P S-A	P S-A	P S-A											
FASE DI RACCOLTA	apertura trappole					P		P S-A		S-A		P S-A		P				
	raccolta campione						P		P S-A		S-A		P S-A		P			
	identificazione e preparazione						P		P S-A		S-A		P S-A		P			
ANALISI																	P S-A	P S-A

Il campionamento delle deposizioni aeree è stato effettuato a cavallo del 2023 e 2024, sfruttando le maggiori deposizioni umide e le polveri sottili tipiche del periodo di fine estate e fine inverno.

I suoli non necessitano di periodi di campionamento particolari perché la loro composizione può essere definita stabile per un quinquennio, quindi sono stati campionati nel 2022 nelle stazioni vicentine mentre, per le stazioni bellunesi ad inizio 2025 (Tabella 13).

Tabella 13: definizione temporale dell'attività di monitoraggio suoli e deposizioni aeree (VI: stazioni vicentine, BL: stazioni bellunesi)

CALENDARIO		AGOSTO 2022	SETTEMBRE 2023	NOVEMBRE 2023	FEBBRAIO 2024	MARZO 2024	FEBBRAIO 2025
DEPOSIMETRI	TRISSINO (VI)		X	x	x	X	
	TAMBRE (BL)		X			X	
	PERAROLO DI CADORE (BL)		x			x	
	GAMBUGLIANO (VI)			x	X		
	LONIGO (VI)			X	X		
	NANTO (VI)			X	x		
SUOLI		VI					BL

5.1 METODI

Artropodi atteri

La raccolta degli insetti atteri e predatori quali Carabidi e Stafilinidi ai fini delle analisi di PFAS prevede 2 fasi distinte: lo studio della comunità sito-specifica e la raccolta e identificazione delle specie target per le analisi di laboratorio.

Una volta definita l'area in cui si vuole valutare la contaminazione ambientale, al netto di indagini entomologiche già eseguite nella zona, è utile, se non necessario, procedere ad una indagine preliminare della comunità di artropodi presente nel sito tramite trappole a caduta di tipo "wet pitfall trap", con fondo di aceto (attrattore/esca) e sale (conservante).

Le trappole a caduta a scopo conoscitivo (Figura 12) sono rimaste in campo per circa un mese, dopodiché si è proceduto alla raccolta del materiale. Sono state così identificate tutte le specie presenti tramite chiavi dicotomiche [8, 9, 10, 11, 12, 13], avvalendosi dell'aiuto e supervisione di specialisti². Dalla lista dei taxa rinvenuti, sono estratte solo quelle specie di interesse sito-specifico per le analisi di bioaccumulo.

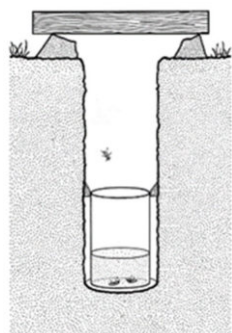


Figura 12: schema trappola a caduta, tipo "wet pitfall trap"

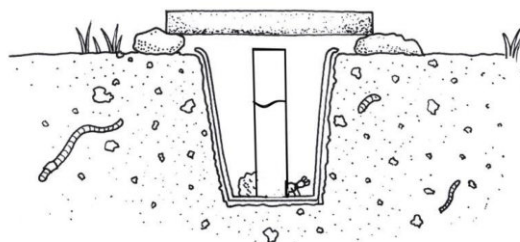


Figura 13: schema trappola a caduta, tipo "pitfall trap"

Durante il biomonitoraggio a scopo analitico, le trappole sono state allestite con un'esca isolata (Figura 13) e sono rimaste in loco per circa una settimana, in modo da garantire la raccolta di insetti vitali. A questo punto le uniche a sopravvivere nella trappola saranno le specie predatrici che vengono raccolte, identificate tramite letteratura [11, 8, 9], selezionate, ed inviate ai laboratori per le analisi. Si rimanda all'allegato E per la descrizione delle fasi in maniera dettagliata.

Per l'estrazione dei PFAS e la loro analisi, in collaborazione con il Dipartimento Regionale Laboratori, è stato sviluppato un metodo con standard interno.

² prof. Andrea Colla, Museo di Scienze Naturali di Trieste nel 2022; prof. Leonardo Latella, Museo di Storia Naturale di Verona nel 2023

Tale metodo è basato sull'estrazione che viene applicata ai suoli, data la complessità della matrice in esame [14]. Per la descrizione in dettaglio della preparativa del campione e le condizioni strumentali si rimanda all'allegato E.

Aria: deposizioni aeree secche e umide

La descrizione del sistema di campionamento tramite deposimetro bulk viene riportata nell'allegato E.

ARPAV dispone di 4 deposimetri di questo tipo, quindi per valutare la componente aerea in tutte le zone di interesse, si è scelto di posizionare i dispositivi in due momenti diversi, seguendo lo schema come segue:

- Trissino, Perarolo e Tambre;
- Trissino, Gambugliano, Lonigo e Nanto.

Trissino è stato quindi preso come sito cardine ma il campionamento è durato sempre 4 settimane.

I periodi sono stati scelti tra agosto e settembre per affiancare i periodi di biomonitoraggio e durante i mesi invernali (ottobre-febbraio) per intercettare il periodo in cui le polveri sottili sono generalmente più abbondanti.

Si è scelto di collocare i campionatori principalmente all'interno delle centraline meteo più vicine ai siti di biomonitoraggio (Figura 14), per avere anche un riscontro sulle precipitazioni.

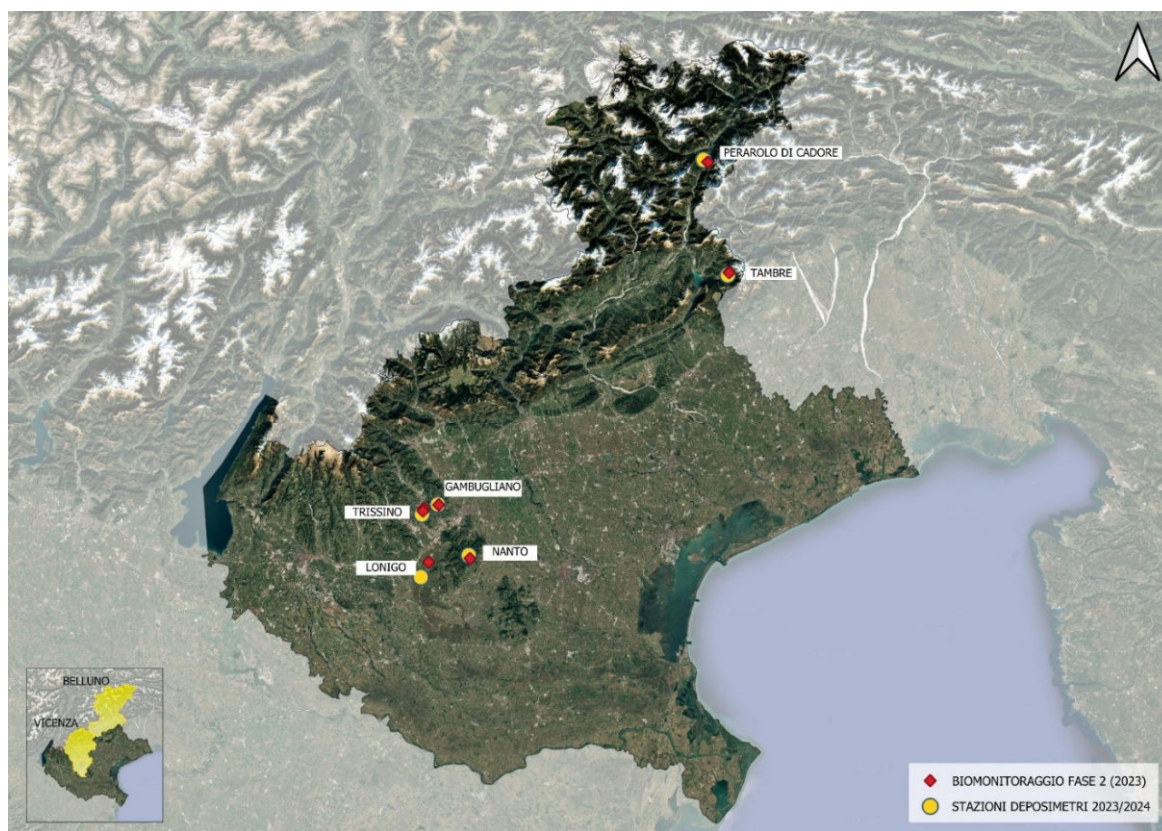


Figura 14: ubicazione deposimetri rispetto ai siti di biomonitoraggio

Suoli

Tra il 2022 e il 2024 si è proceduto al campionamento puntuale dei suoli presso gli stessi siti di biomonitoraggio in Figura 10. Per fare ciò è stato richiesto il supporto dei colleghi del DRQA di ARPAV - Unità Organizzativa Qualità del Suolo. Si rimanda all'allegato E per la descrizione dettagliata del metodo di campionamento. In Figura 15 si riporta un esempio di campionamento del terreno effettuato.



Figura 15: esempi di campionamento di terreno (Tambre Prato (sx), Tambre Bosco (dx))

5.2 RISULTATI

Artropodi atteri

L'insieme dei dati, presentati per intero nell'allegato E, sono stati elaborati seguendo il metodo di "low bound", definendo quindi i valori inferiori al limite di quantificazione come uguale a zero. I valori di PFOA e PFOS, se non esplicitato, vengono considerati come somma degli isomeri lineari e ramificati.

Elenco specie trovate (dal 2022 al 2024)

Le specie di interesse sono artropodi atteri che fanno parte della famiglia Carabidae (coleotteri) e Staffiliniidae (un'unica specie, *Ocypus olens*). I Carabidi [13] sono insetti per la maggior parte predatori che cacciano muovendosi sul terreno. Si possono trovare di diverse dimensioni, da qualche mm a qualche cm di lunghezza, alcune specie hanno perso la capacità di volare ed in genere la colorazione è nera/scura anche se qualche specie presenta delle iridescenze.

L'habitat tipico è la zona prativa, di campo e di bosco. Le condizioni necessarie perché questi insetti siano presenti in un ambiente sono: presenza di risorsa idrica, ambiente non eccessivamente disturbato e stabile (quindi non soggetto a frequente aratura, per esempio). Non si spostano su vaste distanze: alcuni in tutta la loro vita possono permanere in un areale di un centinaio di metri di diametro.

Di seguito, in Tabella 14, vengono specificate le specie di Carabidae rinvenute, con relativo livello trofico, che sono state raccolte e considerate idonee allo scopo del progetto nel corso dei biomonitoraggi dal 2022 al 2024.

Si fa notare che nel corso del 2024, per i motivi sotto esposti (pag.45), la sola specie raccolta per sviluppare le analisi è stata *Abax parallelepipedus* (Figura 16).



Figura 16: esemplare di *Abax parallelepipedus*

Tabella 14: elenco delle specie identificate. Livello trofico delle specie oggetto di biomonitoraggio CONT_PFAS. PS: predatore specialista, P: predatore, G: generalista, E: erbivoro

SPECIE	TROFIA
<i>Abax parallelepipedus inferior</i>	PS
<i>Achnomenus dorsalis</i>	P
<i>Amara aenea</i>	E
<i>Brachinus crepitans</i>	P
<i>Calathus fuscipes cf. latus</i>	P
<i>Carabus coriaceus</i>	P
<i>Carabus violaceus</i>	P
<i>Chychnus attenuatus</i>	PS
<i>Harpalus atratus</i>	G
<i>Harpalus dimidiatus</i>	G
<i>Harpalus rufipes</i>	G
<i>Nebria brevicollis</i>	G
<i>Ocypus olens</i>	P
<i>Pterostichus brumeisteri</i>	P
<i>Pterostichus melas italicus</i>	P
<i>Pterostichus micans</i>	P
<i>Pterostichus nigrita</i>	P
Staffilinidae	G

Risultati e considerazioni: FASE 1 (2022)

Come si può vedere dalla Figura 17, i primi risultati dello studio sono interessanti sia per concentrazione che per distribuzione. La concentrazione di PFAS nel campione infatti è sufficiente per poter evidenziare la presenza delle sostanze nell'ambiente.

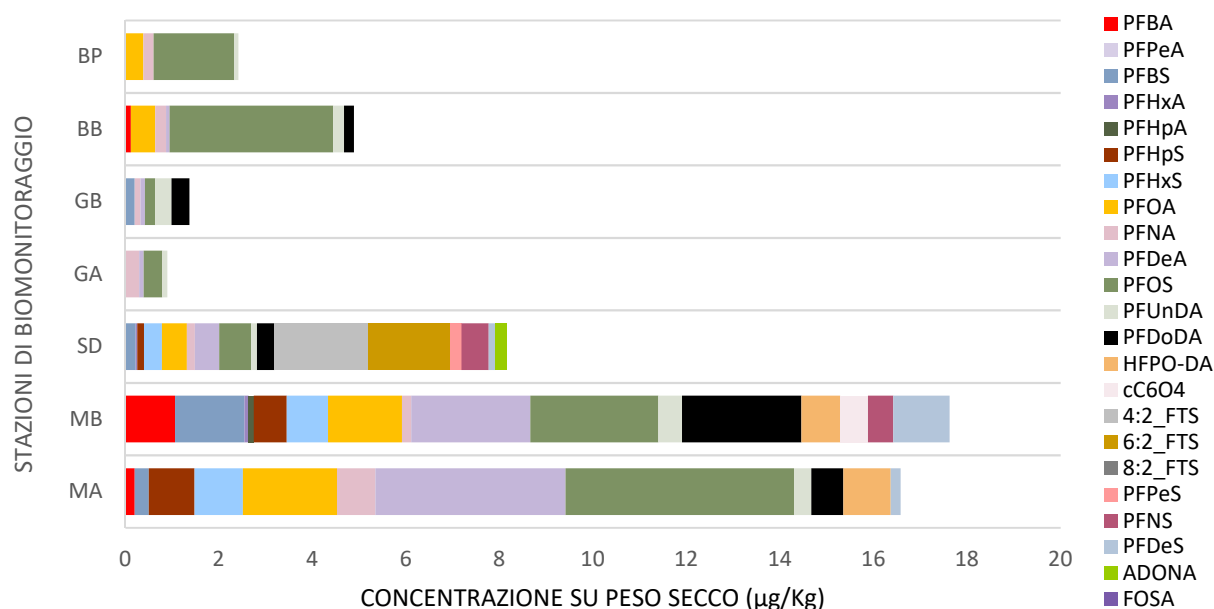


Figura 17: distribuzione dei congeneri nei campioni di biota relativi alla prima fase di biomonitoraggio (fase1)

Le considerazioni fatte su questi primi risultati riguardano in primis il sito di Sarego, testato in più zone limitrofe: tra queste è stata scelta l'area a ridosso di una possibile ex-discardia, accanto a un argine e un vigneto. L'acqua potenzialmente utilizzata per l'irrigazione nel sito è stata comunque testata per valutare eventuali apporti da falda contaminata, risultando priva di sostanze perfluoroalchiliche.

Nel valutare i dati ottenuti dalle zone nel comune di Nanto, data l'esigua differenza tra prato e bosco (BP e BB), per le successive fasi è stato deciso di considerare l'area come unicamente boschiva.

Di maggiore interesse sono le evidenze sugli ambienti considerati inizialmente di "bianco" (GA, GB, BP, BB) che, nonostante la lontananza da fonti riconoscibili, risultano avere comunque la presenza di PFAS nei coleotteri analizzati. Per escludere la possibilità che questo derivi da contaminazioni incrociate, sono state condotte delle prove in bianco dei materiali utilizzati. Visto questo, è stato **quindi ipotizzato un possibile inquinamento di fondo** in tutta la regione, come evidenziato anche da letteratura [15, 16, 17, 18, 19].

Nella fase 2 quindi è risultato necessario confermare tale ipotesi attraverso l'analisi di altre località adeguatamente lontane e che non fossero influenzate, se non minimamente, da fonti antropiche. Inoltre si è ritenuto necessario **aumentare il set di dati** con altre campagne di raccolta negli stessi siti della fase 1, per escludere un bias dovuto all'esigua quantità di dati.

Risultati e considerazioni: FASE 2 (2023)

Per la seconda fase di studio, sono stati ripetuti nuovamente 3 campionamenti per ogni sito, aggiungendo anche i siti di Tambre e Perarolo di Cadore che sono stati scelti come “nuovi” punti di bianco.

In prima analisi, ciò che è evidente è sicuramente l'elevata incertezza dei dati ottenuti. Le variabili infatti sono molteplici, ad esempio le diverse specie raccolte, i diversi momenti temporali e, ancora, le condizioni meteorologiche. Di seguito si riassumono i risultati ottenuti espressi come media biennale della somma di PFAS³, con le relative deviazioni standard, per ogni sito.

Tabella 15: media biennale della somma di PFAS³ e relativa deviazione standard

ID	COMUNE	COPERTURA	N° campioni	MEDIA BIENNALE della somma PFAS	DEV.STD
MA	Trissino	agricolo	6	91	68
MB	Trissino	bosco	6	85	22
SD	Sarego	argine/vigneto	6	33	18
GA	Gambugliano	agricolo	6	6	3
GB	Gambugliano	bosco	6	10	5
BB	Nanto	bosco	9	5	4

Nonostante questo, è possibile notare un certo andamento decrescente in funzione della distanza dalla fonte storica di inquinamento, anche considerando i due anni separatamente (Figura 18).

Gli artropodi presenti vicino al sito di inquinamento noto (MA, MB) sono più ricchi di PFAS rispetto a quelli considerati di bianco (GA, GB, BB), mentre quelli all'interno del plume (SV) presentano una quantità intermedia di PFAS. Questo probabilmente è dovuto a una diffusione delle sostanze attraverso matrici diverse dalle acque sotterranee: l'analisi dell'acqua di irrigazione, come accennato nel capitolo della fase 1, hanno dimostrato l'assenza delle sostanze in esame, di conseguenza si suppone che derivi da acqua superficiale, fenomeni meteorologici non specifici o attività antropiche non collegate con l'attività del sito ex-Mitèni.

³ somma PFAS: PFBA, PFPeA, PFBS, PFHxA, PFHpA, PFHpS, PFHxS, PFOA (lineare e ramificati espressi come PFOA lineare), PFNA, PFDA, PFOS (lineare e ramificati espressi come PFOS lineare), PFUnDA, PFDODA, HFPO-DA, C6O4, 4:2 FTS, 6:2 FTS, 8:2 FTS, PFPeS, PFNS, PFSeS, ADONA, FOSA.

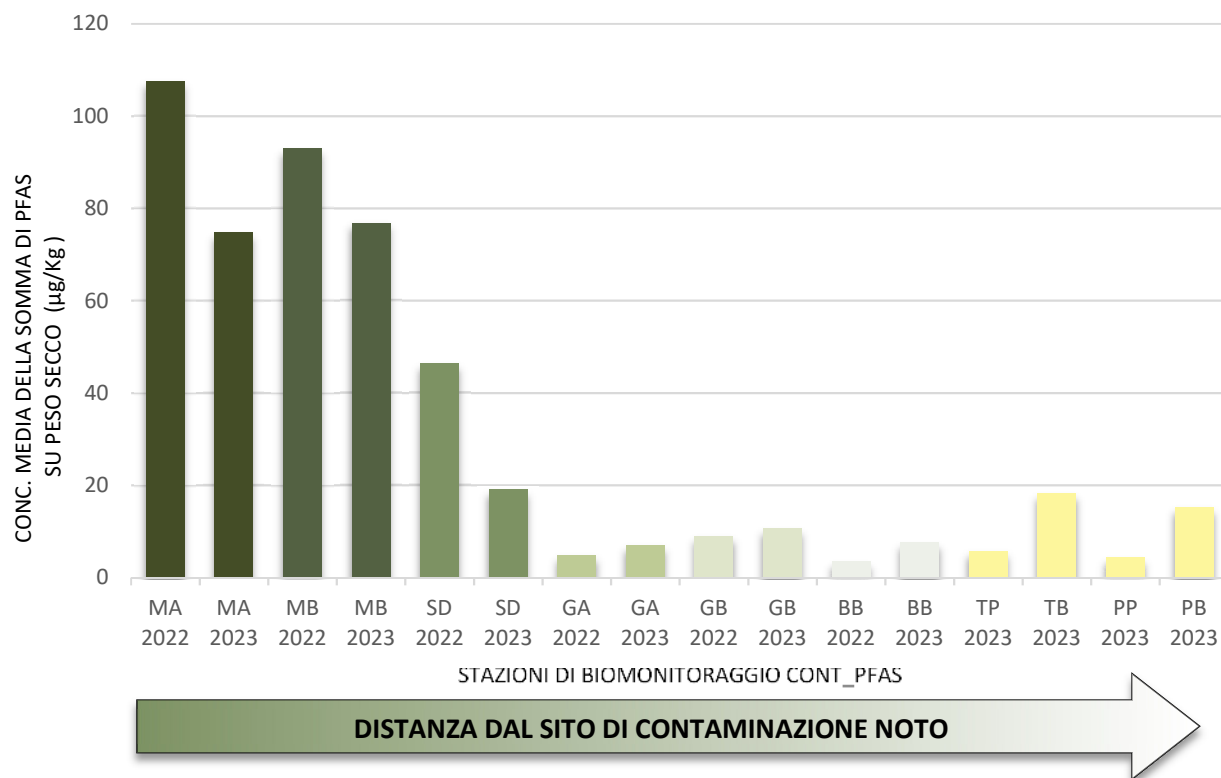


Figura 18: confronto media della somma di PFAS³ nel biota in diversi siti e per gli anni 2022 e 2023, la freccia indica l'andamento della distanza dal sito di inquinamento noto

Per quanto riguarda i punti di bianco si è riscontrata la presenza di un certo quantitativo di PFAS anche nei siti di Perarolo di Cadore e Tambre, di conseguenza è possibile attestare una **ubiquitarietà** di tali sostanze, supponendo un intervallo di valori di fondo.

Si è cercata la conferma statistica a tali osservazioni attraverso l'analisi delle componenti principali (PCA), descritta in dettaglio nell'allegato E.

Tale statistica è sembrata la più adatta, considerando il numero elevato di variabili che comprendono fattori ambientali (zona), chimici (congeneri), biologici (tipi di specie raccolte, livello trofico). Le evidenze riscontrate dall'analisi multivariata confermano una dipendenza della concentrazione di PFAS negli insetti in funzione della distanza dal sito ex-Mitena. Inoltre evidenzia che i punti di bianco remoti (Perarolo di Cadore e Tambre) hanno caratteristiche simili ai punti di bianco iniziali (Gambugliano e Nanto), confermando quindi un certo valore di fondo già a poca distanza da Trissino. Questo, appunto, si reputa sia dovuto alla presenza ubiquitaria delle sostanze [15, 16, 17, 18, 20]. L'analisi statistica non conferma invece la correlazione tra dieta e bioaccumulo di definiti congeneri, evidenziata in diversi studi di letteratura [3, 21, 22, 23, 24] nei quali si trova una differenza di accumulo negli organismi: in particolare il PFOA viene accumulato maggiormente negli organismi vegetali, mentre PFOS in quelli animali. Considerando però che il disegno sperimentale non verteva su questo aspetto, il set di dati non è probabilmente adeguato a sostenere o smentire l'ipotesi. Sulla

base della letteratura citata sono stati però rivalutati dei dati ottenuti nella prima fase di studio, in cui dello stesso campionamento è stata eseguita un'analisi in doppio: una con una miscela di artropodi, l'altra con solo *Abax parallelepipedus* (predatori, di conseguenza con una dieta prettamente proteica). Come evidente dalla Figura 19, il risultato mostra un bioaccumulo di PFOS particolarmente abbondante negli *Abax* rispetto al mix.

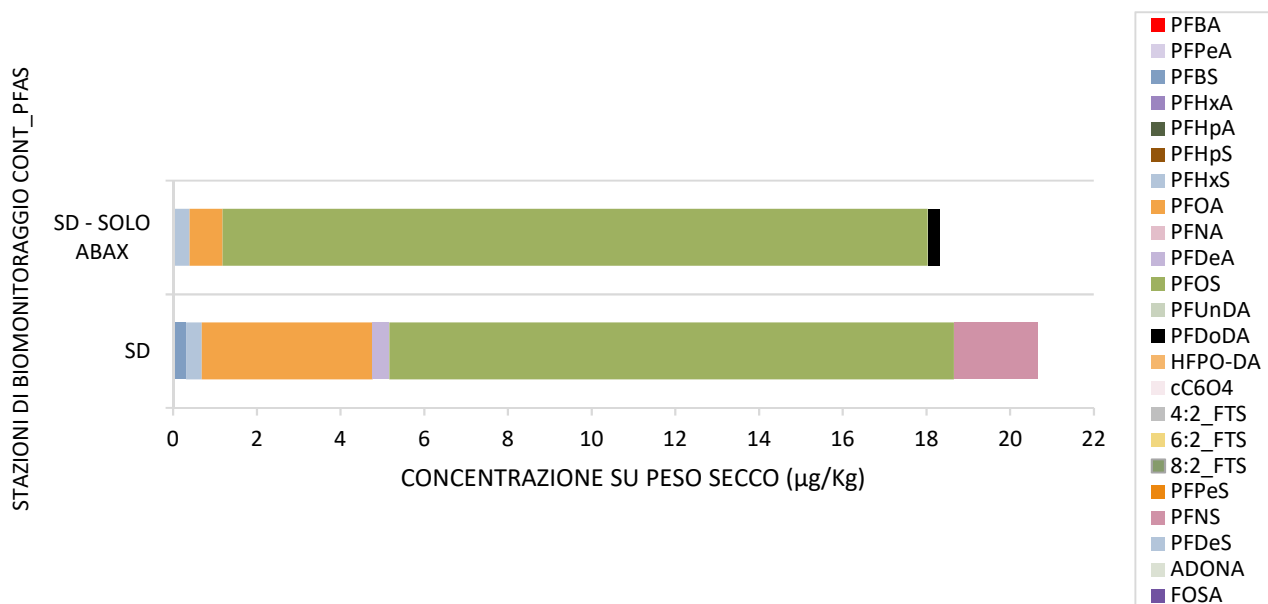


Figura 19: analisi in doppio dello stesso campione di biota: uno contenente un mix di artropodi, l'altro solo la specie *Abax* (campionamento nel sito SD del 09/08/2022)

Altra evidenza confermata anche nella fase 2 è la differenza tra zone aperte e boscate nel numero di esemplari raccolti. Nelle **zone prative sono stati raccolti in totale un maggior numero** di esemplari e nelle zone boschive le trappole sono spesso risultate vuote, costringendo a campagne o trappole extra. In tutte le zone sono stati trovati artropodi del genere *Abax*.

Date le premesse quindi la sperimentazione è passata alla fase 3.

Risultati e considerazioni: FASE 3 (2024)

Nella FASE 3 è stato applicato l'obiettivo principale della sperimentazione, cioè evidenziare una zona contaminata da PFAS attraverso il biomonitoraggio.

La zona scelta è descritta nel caso studio 4 dell'allegato E. Le zone, a distanza concentrica dal sito ex-Mitani, sono state scelte tenendo conto dello studio effettuato da ARPAV nel 2017 sulle deposizioni aeree dovute alle emissioni a camino dello stabilimento [25], del plume di inquinamento delle acque sotterranee, dell'orografia, dei venti prevalenti e dell'uso del suolo.

Sulla base delle premesse delle fasi 1 e 2, quindi:

- è stata sviluppata una sola campagna annuale;
- si è aumentato il numero di trappole per sito (8) per garantire una numerosità sufficiente di individui per eseguire le analisi chimiche;
- è stato considerato solo il PFOS per le valutazioni di possibile contaminazione, al fine di diminuire le variabili e le fonti di errore;
- sono stati raccolti solo esemplari di *Abax*, artropodi predatori generalisti, trovati in tutti i siti e che hanno un buon accumulo di PFOS;
- i nuovi siti di monitoraggio sono stati scelti solamente nella componente aperta per la maggior numerosità di individui;
- la FASE 3 del progetto ha coinvolto anche i punti della FASE 2;

Durante la campagna di biomonitoraggio, si è potuto notare che, essendo in una zona urbanizzata, l'installazione delle trappole a caduta in prossimità di strade anche poco trafficate non garantisce un tasso di cattura elevato, probabilmente a causa delle vibrazioni. Si è quindi optato di spostare le trappole non funzionanti verso il centro dei prati preferendo comunque la vicinanza di un canale, presso il quale la comunità di insetti è più abbondante. Nonostante questa ulteriore considerazione, non tutti i siti in cui è stato effettuato il campionamento hanno avuto successo: 4 punti, nonostante due tentativi di raccolta, non hanno mai dato risultato, non solo della specie target, ma di insetti in generale. Pertanto con il termine dei biomonitoraggi a metà novembre 2024, le stazioni che effettivamente hanno avuto buoni risultati sono state 24 sulle 28 previste da pianificazione.

Nelle figure a seguire si riportano su mappa i risultati ottenuti dalla fase 3. In Figura 20 ogni punto corrisponde ad un sito di campionamento e il colore dipende dalla concentrazione di PFOS ($\mu\text{g}/\text{Kg}$ su peso secco) trovata nel campione biologico, a seconda della scala riportata in legenda. Gli stessi risultati all'interno nel riquadro giallo di Figura 18, vengono sovrapposti in Figura 21 al modello delle ricadute aeree, sviluppato da ARPAV nel 2017 mentre lo stabilimento MITENI era ancora attivo [25].

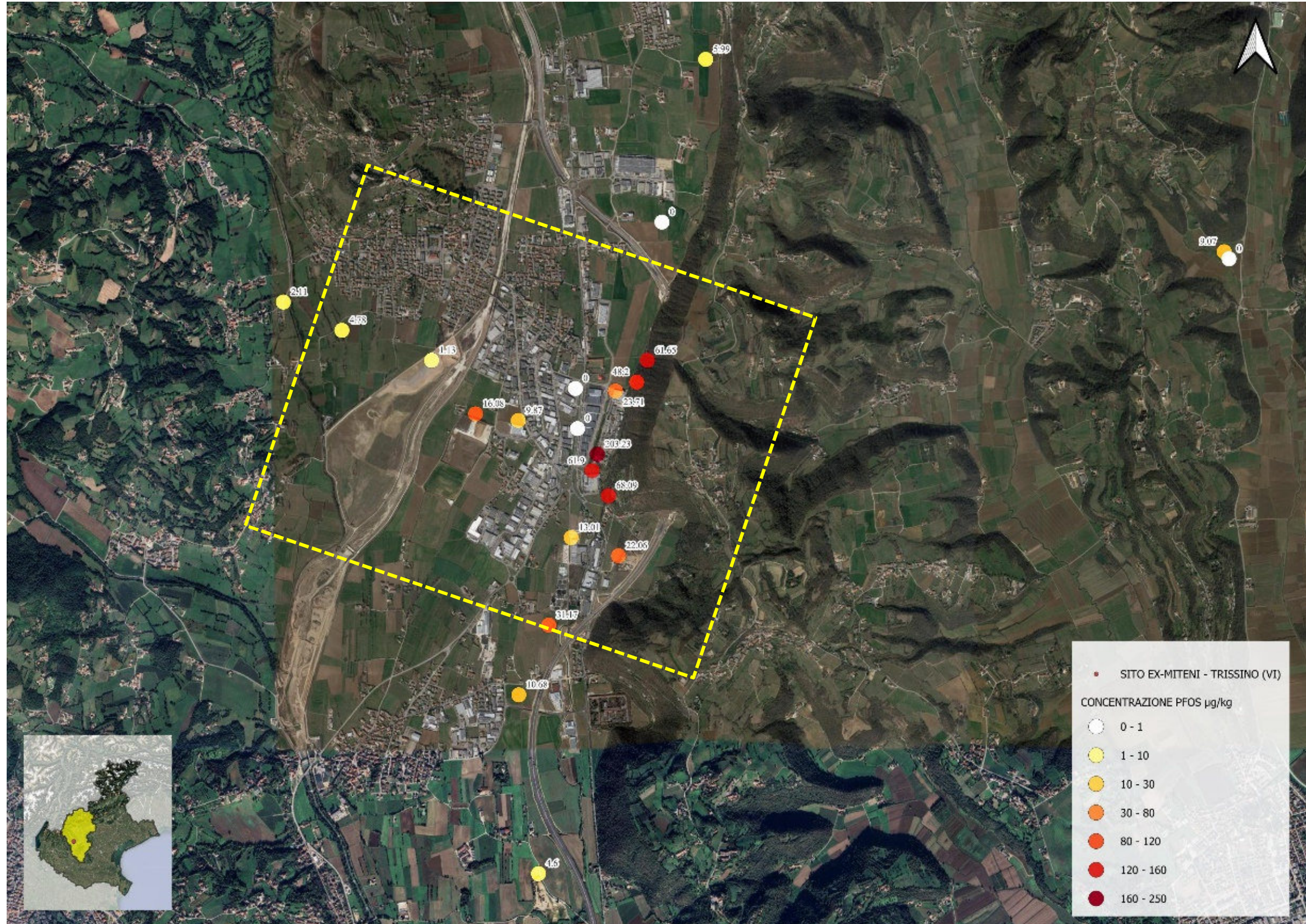


Figura 20: concentrazione PFOS - Zona vicentina - FASE 3. Le stazioni che presentano valore 0 indicano insuccesso nel campionamento (trappola vuota). Il riquadro giallo evidenzia la zona che viene posta in esame nella figura 19

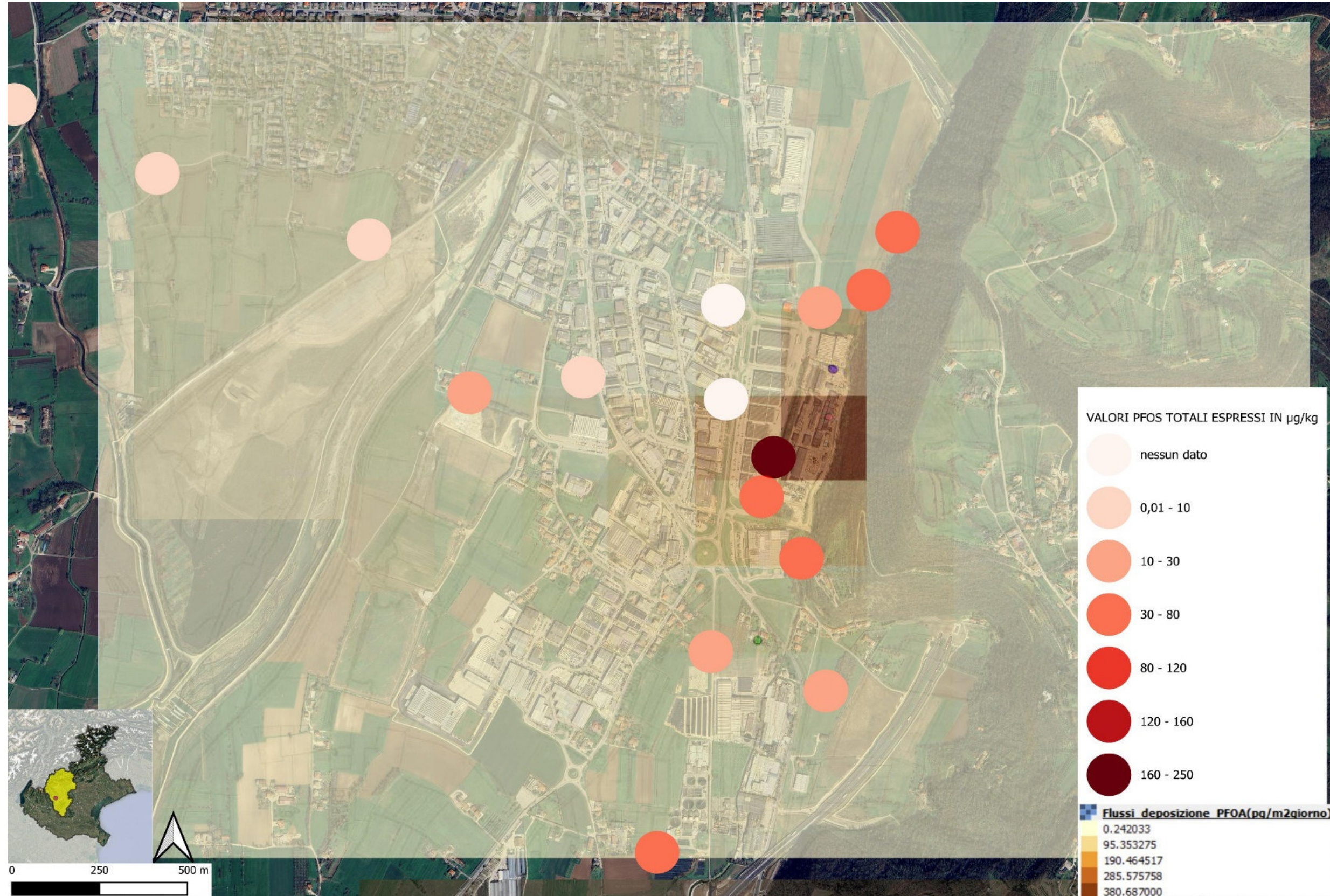


Figura 21: concentrazione PFOS - Zona vicentina - FASE 3. Sovrapposizione con il modello delle emissioni dalle torri evaporative ex-Mitena.

Come si può vedere, i risultati del biomonitoraggio hanno ben confermato il modello delle ricadute proposto da ARPAV nella relazione del 2017 [25], indicando quindi che il metodo applicato può essere utile per la definizione di un gradiente di concentrazione dell'inquinamento da PFAS dovuto alla vicinanza di una fonte di emissione. Ciò che rende particolarmente interessante il metodo è la possibilità di dare un gradiente di concentrazione in funzione di risultati analitici, anziché interpretazioni modellistiche, che nel caso dell'analisi di matrici tradizionali come l'aria risulta pressoché impossibile considerando la minima differenza spaziale che intercorre tra le stazioni di biomonitoraggio. Inoltre, nel caso di inquinamento puntuale e diffuso, con fonte di emissione sconosciuta, si reputa particolarmente interessante la possibilità di applicare il metodo di biomonitoraggio proposto.

Come già chiarito, lo studio ha quindi confermato l'emissione in atmosfera dei PFAS da parte della fonte durante il periodo di attività (terminata nel 2017), ma evidenzia anche la loro **presenza ubiquitaria**.

Tale presenza nei siti di bianco (Gambugliano, Nanto, Tambre, Perarolo di C.), non è infatti giustificata né dalla presenza di falda contaminata, perché fuori dal plume di inquinamento (Figura 10), né dall'emissione in atmosfera da parte della fonte principale (stabilimento ex-MITENI, Trissino). Questo è stato dedotto attraverso la trattazione statistica nell'analisi multivariata della FASE 2 e confermato dalle evidenze sperimentali di questa fase, che dimostrano come fuori dal modello delle ricadute (Figura 19) la concentrazione di PFOS nel biota si abbassi drasticamente.

Nei paragrafi successivi vengono esposte le analisi delle altre matrici (aria e suolo) effettuate.

Aria: deposizioni secche e umide

I dati relativi ai deposimetri posizionati nella stagione estiva hanno dato risultati inferiori ai LOQ. A fine stagione invece hanno evidenziato presenza di PFOA e PFOS lineare solamente nel sito di Trissino, con valori di 16 ng/m² giorno (PFOA lineare) e 10 ng/m² giorno (PFOS lineare). Per la stagione invernale, tra gennaio e marzo 2024, sono state effettuate ulteriori campagne di analisi con deposimetro per tutti i siti, in modo da arricchire i dati: queste analisi non hanno avuto rilevamento di PFAS.

Quindi l'unica osservazione riguarda la presenza di PFAS nelle deposizioni aeree di Trissino: questa si suppone dovuta a fenomeni di diffusione delle sostanze che già sono presenti nell'area, piuttosto che a nuove fonti di emissione, in quanto non vi sono più processi produttivi in atto.

La scarsità di dati ottenuti tramite questo metodo conferma la difficoltà di ottenere dati analitici nelle matrici ambientali tradizionali quando si tratta di inquinamento diffuso e di valutare un possibile valore di fondo.

Suoli

In Tabella 16 vengono riportati i risultati della somma di PFAS³ ottenuti nei suoli dei vari siti.

Tabella 16: somma PFAS³ (µg/kg) nelle stazioni SUOLO del progetto CONT_PFAS.

ID SITO - SUOLO	SOMMA PFAS (µg/kg)
MA – Trissino Agricolo	20,61
MB – Trissino Bosco	44,41
SD – Sarego ex Discarica	5,69
GA – Gambugliano Agricolo	4,78
GB – Gambugliano Bosco	8,97
BP/BB – Nanto Prato/Bosco	2,81
TP – Tambre Pascolo	0,25
TB – Tambre Bosco	0,98
PP – Perarolo Pascolo	2,37
PB – Perarolo Bosco	4,47

Le concentrazioni più basse sono state riscontrate nei siti di Tambre (Pascolo e Bosco), nel bellunese, riportando valori di PFAS nei suoli pari a 0,25 µg/kg (TP) e 0,98 µg/kg (TB). Le stazioni di Perarolo di Cadore (Pascolo e Bosco) riportano una quantità di PFAS paragonabile alle stazioni di Nanto (PP, PB e BP/BB) e Gambugliano Prato (PB, GA). Avvicinandosi al sito ex-MITENI, i valori di PFAS aumentano (Sarego e Trissino), fatto evidenziato anche dalle analisi sul biota. Trissino Bosco (MB) risulta il sito con maggior contaminazione da PFAS.

Dalla Figura 22 si osserva che le zone agricole/prative hanno una concentrazione minore di PFAS rispetto alle corrispondenti zone boschive. Inoltre per le aree fuori dal plume di contaminazione storica, si nota che le zone a prato stabile (TP, PP) hanno una concentrazione di PFAS inferiore rispetto alle zone sottoposte a lavorazione del suolo (GA). In entrambi i casi le differenze sono dovute probabilmente proprio alla minore stabilità della matrice suolo che subisce pratiche agronomiche, come aratura o irrigazione.

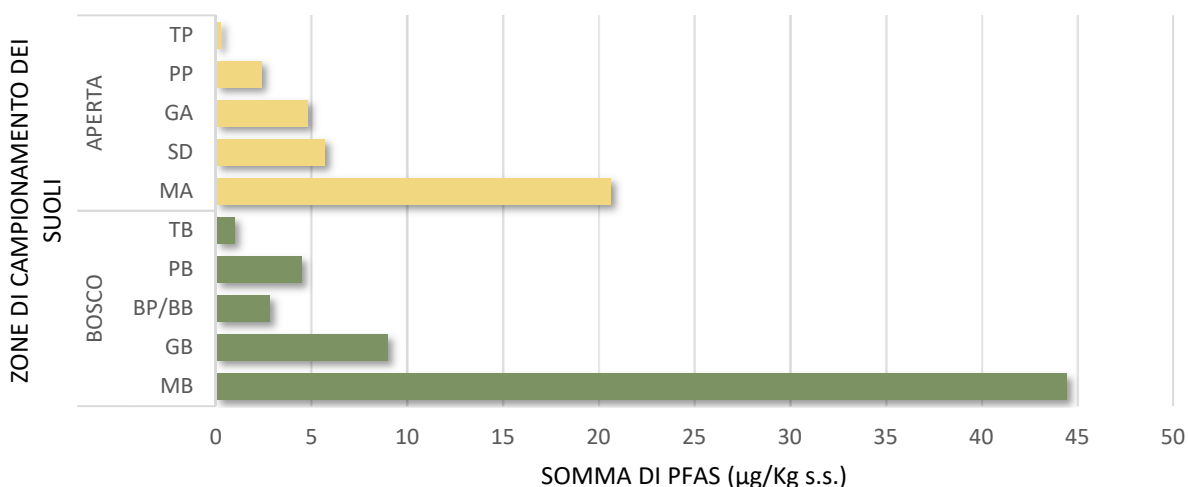


Figura 22: concentrazione della somma di PFAS³ nei SUOLI delle aree agricole/prative e boschive

Nella tabella seguente (Tabella 17) vengono confrontati i valori di PFOS nelle matrici analizzate di suolo e biota, attraverso una media nei tre anni di campionamento.

Tabella 17: confronto valori PFOS nei suoli e valori medi di PFOS nei 3 anni di biomonitoraggio. Il PFOS viene inteso come somma di lineare e ramificati.

ID SITO	SUOLO PFOS (µg/kg)	BIOMONITOAGGIO MEDIA PFOS (µg/kg)
MA – Trissino Agricolo	6,24	64,07
MB – Trissino Bosco	13,73	65,32
GA – Gambugliano Agricolo	0,69	3,39
GB – Gambugliano Bosco	1,27	8,80
SD – Sarego ex Discarica	1,1	15,81
BB/BP – Nanto Prato/Bosco	0,45	5,62
PP – Perarolo Prato	0,31	2,41
PB – Perarolo Bosco	0,93	9,93
TP – Tambre Prato	< LOQ	3,79
TB – Tambre Bosco	0,17	7,49

Si nota che la concentrazione di PFOS nel suolo risulta inferiore rispetto alla concentrazione nel biota. Tale matrice quindi, grazie ai fenomeni di bioaccumulo e magnificazione, permette una valutazione più accurata nel confronto tra concentrazioni ed attenua il problema di disomogeneità del campione in caso di inquinamento diffuso ma puntuale.

6 | CONCLUSIONI

Per quanto riguarda la funzione fondamentale di questo progetto, cioè l'attuazione di 35 pozzi nuovi, a partire dalla primavera del 2024, ha consentito l'analisi di 93 campioni di acque sotterranee, fornendo un dataset preliminare significativo per una caratterizzazione più specifica dell'inquinamento da PFAS.

Nel tempo infatti sono state evidenziate variazioni tendenziali nei livelli di concentrazione di queste sostanze, suggerendo fenomeni di accumulo e diffusione all'interno del comparto idrico sotterraneo. L'ampliamento della rete di monitoraggio migliora la copertura territoriale e la risoluzione spaziale, consentendo una valutazione più dettagliata e accurata della distribuzione e della dinamica dei contaminanti. I risultati preliminari sottolineano l'importanza di un monitoraggio continuativo e sistematico, dato che le dinamiche di trasporto e degradazione dei PFAS sono complesse, anche a causa della loro persistenza chimica e alla variabilità dei fattori ambientali. Si reputa importante quindi la prosecuzione delle attività di campionamento e analisi, supportata dall'implementazione di modelli predittivi basati sui dati raccolti, per valutare con maggior precisione l'evoluzione dell'inquinamento e per orientare strategie di mitigazione e interventi mirati.

Nell'ambito del presente progetto le prove sperimentali di analisi non-target (NTA), attuate nei siti storicamente di maggiore interesse, hanno rilevato qualitativamente la presenza di n.62 composti (vedi Allegato D). L'analisi quantitativa (target) è stata quindi attuata sulla base delle risultanze NTA, nello specifico per la famiglia HBTFs (idrossil benzotrifluoruri), di particolare interesse in quanto collegati alla presenza di PFAS. È stata infatti confermata l'esistenza dei composti *3,5-dinitro-4-hydroxy-benzotrifluoride* ($C_7H_3F_3O_5N_2$), *3-hydroxy-benzotrifluoride* ($C_7H_5F_3O$) e *4-hydroxy-benzotrifluoride* ($C_7H_5F_3O$) esclusivamente nel campione di acqua sotterranea prelevata dal pozzo MW18, che si trova qualche metro a sud dello stabilimento ex-MITENI (fonte di contaminazione storica). Si fa presente che le tecniche NTA sono piuttosto recenti quindi con i dovuti accorgimenti, tale sperimentazione è potenzialmente applicabile ad altri composti ma è comunque migliorabile nell'aspetto tecnico-analitico.

Per quanto riguarda invece la sperimentazione sul biomonitoraggio degli artropodi, i risultati hanno ben confermato il modello delle ricadute proposto da ARPAV nella relazione del 2017 [26], indicando quindi che il metodo proposto può essere utile per la definizione di un gradiente di concentrazione dell'inquinamento da PFAS dovuto alla vicinanza ad una fonte di emissione. Ciò che rende particolarmente interessante il metodo è la possibilità di vedere un gradiente di concentrazione spaziale in funzione di risultati analitici, anziché interpretazioni modellistiche. In questo lavoro infatti il modello di deposizioni aeree calcolato da ARPAV è confermato dai dati di biomonitoraggio: nel caso dell'analisi di matrici tradizionali come l'aria, ad

oggi, non è possibile ottenere dei dati sperimentali a supporto del modello, data anche la differenza spaziale (di solo pochi metri) che intercorre tra i vari siti di biomonitoraggio.

Le analisi effettuate tramite deposimetri bulk infatti hanno evidenziato la presenza di PFAS solo nell'area di Trissino e solo in uno dei 4 campionamenti previsti. Questo si suppone però dovuto ai soli fenomeni di diffusione delle sostanze che già sono presenti, piuttosto che a nuove fonti di emissione, in quanto non vi sono più processi produttivi in atto.

Le analisi sui suoli hanno dimostrato la presenza dei PFAS nelle aree soggette a biomonitoraggio ma in concentrazione minore rispetto alla matrice biota. Tale matrice infatti, grazie ai fenomeni di bioaccumulo e biomagnificazione, permette una valutazione più accurata nel confronto tra concentrazioni di diverse zone ed attenua il problema di disomogeneità del campione in caso di inquinamento diffuso ma puntuale.

Lo studio ha quindi confermato l'emissione in atmosfera dei PFAS da parte della fonte durante il periodo di attività (terminata nel 2017), ma evidenzia anche la loro **presenza ubiquitaria** grazie alle analisi nei siti di "bianco", e alle evidenze analitiche nelle immediate vicinanze del sito ex-Miteni.

Si reputa particolarmente interessante la possibilità di applicare il metodo proposto per valutare un possibile gradiente di concentrazione di una limitata area d'interesse (circa 16 Km²), dovuto a eventuali nuove fonti di contaminazione.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ARPAV, «Temi ambientali: sostanze perfluoro-alchiliche,» [Online]. Available: <https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/acque-interne/sostanze-perfluoro-alchiliche-pfas>.
- [2] o. S. Vignaroli, o. C. Braga e o. A. Zolezzi, «Relazione sulla diffusione delle sostanze perfluoroalchiliche,» Camera dei Deputati - Senato della Repubblica, 2022.
- [3] R. Brase, H. Schwab, L. Li e S. , «Elevated levels of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in freshwater benthic macroinvertebrates from the Hudson River Watershed,» *Chemosphere*, p. 291, 2022.
- [4] G. Masarin, N. Miani, N. Skert, S. Battistella e A. Colla, «Uso di artropodi quali bioindicatori e bioaccumulatori nel monitoraggio di suoli inquinati nella valle delle noghère (Trieste),» *Atti del museo civico di storia naturale di Trieste*, vol. 52, pp. 39-73, 2006.
- [5] E. A. Holt e S. W. Miller, «Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental Impacts.,» *Nature Education Knowledge*, vol. 2, n. 2, p. 8, 2011.
- [6] «I coleotteri Carabidi per la valutazione ambientale e la conservazione della biodiversità.,» in *APAT- Manuali e Linee Guida 34/2005*, 2005, pp. 83-89.
- [7] ARPAV, «La contaminazione da PFAS: Ex-Miteni – Trissino (VI), Ex Rimar – Trissino (VI) e l'anomalia di Sarego (VI),» 2022. [Online]. Available: <https://www.arpa.veneto.it/arpav/pagine-generiche/allegati-pagine-generiche/relazioni-pfas/sito-ex-miteni-pfas-aggiornamento-sul-procedimento-di-bonifica.pdf/@@display-file/file>.
- [8] G. Allegro, «An illustrated key to the species of the genus *Pterostichus* recorded from Italy (Coleoptera, Carabidae, Pterostichinae).,» in *Memorie della Società Entomologica Italiana*, 2021.
- [9] G. Allegro, P. Magrini e M. Pavesi, «Tabella illustrata di determinazione per le specie del genere *Harpalus* note in Italia (Coleoptera, Carabidae, Harpalinae),» vol. 154 (2), pp. 51-86, 2022.
- [10] S. Chiari, M. Bardiani, A. Zauli, S. Hardersen, F. Mason, L. Spada e A. Campanaro, «Monitoring of the saproxylic beetle *Morimus asper* (Sulzer, 1776) (Coleoptera: Cerambycidae) with freshly cut log piles.,» vol. 17, p. 1255–1265., 2013.
- [11] A. D. P. Magrini, «Note sul genere *Abax* Bonelli, 1810, con descrizione di una nuova specie sulle dolomiti (Coleoptera Carabidae),» *Giornale italiano di entomologia*, vol. 13, n. 58, pp. 271-282, 2013.
- [12] E. Ratti, L. Busato, P. D. Martin e L. Zanella, «I Coleotteri Carabidi dei Colli Euganei (Veneto) (Insecta Coleoptera Carabidae),» *Bollettino del museo di storia naturale di Venezia*, vol. 48, 1997.
- [13] J. Trautner e K. Geigenmuller, *Tiger Beetles, Ground Beetles. Illustrated key to the Cicindelidae and Carabidae of Europe.*, 1987.
- [14] L. W. Yeung, A. O. De Silva, E. I. Loi, C. H. Marvin, S. Taniyasu, N. Yamashita, S. A. Mabury, D. C. Muir e P. K. Lam, «Perfluoroalkyl substances and extractable organic fluorine in surface sediments and cores from Lake Ontario. Environmental Science and Technology,» *Environment International*, vol. 59, pp. 389-397, 2013.
- [15] I. Cousins, J. Johansson, M. Salter, B. Sha e M. Scheringer, «Outside the safe operating space of a new planetary boundary for Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS),» *Environ. Sci. Technol.*, vol. 56, pp. 11172-11179, 2022.
- [16] S. Kurwadkar, J. Dane, S. R.Kanel, M. N. Nadagouda e R. W. Cawdrey, «Per- and polyfluoroalkyl substances in water and wastewater. A critical review of their global occurrence and distribution,» *Science of Total Environment*, vol. 809, p. 151003, 2022.
- [17] S. F. Nakayama, M. Y. Y. Onoda, Y. Nishihama, M. Iwai-Shimada, M. Takagi, Y. Kobayashi e T. Isobe, «Worldwide trends in tracing poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS) in the environment,» *Trends in Analytical Chemistry*, vol. 121, p. 115410, 2019.
- [18] K. A. Pike, P. L. Edmiston, J. J. Morrison e J. A. Faust, «Correlation Analysis of Perfluoroalkyl Substances in Regional U.S. Precipitation Events,» *Water Research*, vol. 190, p. 116685, 2021.
- [19] M. Zhang, P. Wang, Y. Lu, Y. Shi, C. Wang, B. Sun, X. Li, S. Song, M. Yu, J. Zhao, D. Du, W. Qin, T. Wang, G. Han, Z. Liu, Y. Baninla e A. Zhang, «Transport and environmental risks of perfluoroalkyl acids in a large irrigation and drainage system for agricultural production,» *Environment International*, n. 157, p. 106856, 2021.
- [20] I. T.Cousins, J. H. Johansson, M. E. Salter, B. Sha e M. Scheringer, «Outside the safe operating space of a new planetary boundary for per and polyfluoroalkyl substances (PFAS),» *Environmental science and technology*, vol. 56, pp. 11172-11179, 2022.

- [21] C. McCarthy, W. Kappleman e W. DiGiuseppi, «Ecological Considerations of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS),» *Current Pollution Reports*, n. 4, pp. 289-301, 2017.
- [22] T. V. S. M. Ghisi Rossella, «Accumulation of perfluorinated alkyl substances (PFAS) in agricultural plants: A review,» *Environmental Research*, n. 169, pp. 326-341, 2019.
- [23] L. Lesmeister, F. T. Lange, J. Breuer, A. Biegel-Engler, E. Giese e M. Scheurer, «Extending the knowledge about PFAS bioaccumulation factors for agricultural plants - A review,» *Science of the Total Environment*, vol. 766, p. 142640, 2020.
- [24] S. Donato, M. L. Vommaro, G. Tromba e A. Giglio, «Synchrotron X-ray phase contrast micro tomography to explore the morphology of abdominal organs in *Pterostichus melas italicus* Dejean, 1828 (Coleoptera, Carabidae),» *Arthropod Structure & Development*, vol. 62, p. 101044, 2021.
- [25] ARPAV, «Ditta Miteni S.p.A. di Trissino - Simulazione modellistica della dispersione in atmosfera di PFOA.,» 2017. [Online]. Available: https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/file-e-allegati/applicazioni-modellistiche/report_attivita_modellistica_v22_5_2017.pdf/@download/file.
- [26] J. Wellmitz, N. Bandow e J. Koschorreck, «Long-term trend data for PFAS in soils from German ecosystems, including TOP assay,» *Science of the Total Environment*, vol. 893, p. 164586, 2023.
- [27] F. Talarico e R. Pizzolotto, «A synthesis of feeding habits and reproduction rhythm in Italian seed-feeding ground beetles (Coleoptera: Carabidae),» *European journal on entomology*, n. 113, pp. 325-336, 2016.
- [28] Y. Ogawa, E. Tokunaga, O. Kobayashi, K. Hirai e N. Shibata, «Current Contributions of Organofluorine Compounds to the Agrochemical Industry,» *iScience*, vol. 23, n. 9, p. 101467, 2020.
- [29] S.-K. Kim, M. Shoeib, K.-S. Kim e J.-E. Park, «Indoor and outdoor poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs) in Korea determined by passive air sampler,» *Environmental Pollution*, vol. 162, pp. 144,150, 2012.
- [30] M. L. Brusseau, R. H. Anderson e B. Guo, «PFAS Concentrations in Soils: Background Levels versus Contaminated Sites,» *Science of The Total Environment*, vol. 740, p. 140017, 2020.
- [31] ARPAV, «Stato dell'inquinamento da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) in provincia di Vicenza, Padova e Verona,» 2013.
- [32] ARPAV, «Monitoraggio della qualità dell'aria sull'eventuale diffusione delle sostanze perfluorurate. Area Rossa e Area Arancione come definite nella Deliberazione della Giunta Regionale n. 691 del 21 maggio 2018,» 2018. [Online]. Available: <https://www.arpa.veneto.it/arpav/pagine-generiche/allegati-pagine-generiche/monitoraggio-aria-pfas-2019.pdf/@download/file>.
- [33] «Progetto Life Phoenix - strumenti innovativi per al governance integrata della contaminazione da sostanze perfluoroalchiliche,» 2021.
- [34] «Banca dati della Carta della Copertura del Suolo aggiornamento 2020,» [Online]. Available: https://idt2.regione.veneto.it/geoportal/catalog/search/resource/details.page?uuid=r_veneto%3Ac0506161_CCS2020.
- [35] U. d. O. Museo di storia naturale. [Online]. Available: <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/>.
- [36] «Rischio associato alla presenza di sostanze perfluoro-alchiliche (PFAS) nelle acque potabili e nei corpi idrici recettori di aree industriali nella Provincia di Vicenza e aree limitrofe,» CNR- Istituto di ricerca sulle Acque, Vicenza, 2013.
- [37] ARPAV, «www.arpa.veneto.it,» 2024. [Online]. Available: <https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/acque-interne/rapporti-sotterranee>.

GLOSSARIO

4:2 FTS	4:2 fluorotelomero solfonato
6:2 FTS	6:2 fluorotelomero solfonato
8:2 FTS	8:2 fluorotelomero solfonato
ADONA	Acido dodecafluoro-3h-4,8-diossanoico
ATROPODI ATTERI	Etimologia: dal latino (-podos) zampe (arthros-) articolate; dal greco (ápteros): composto da (a-) privazione, e (pterón) "ala". Sono insetti normalmente provvisti di ali, in cui possono comparire (per mutazioni e per altre cause) individui che ne sono privi.
BIOACCUMULO	In ecologia, il trasferimento e aumento di concentrazione di elementi o sostanze tossiche nei tessuti degli organismi con cui entrano in contatto tramite acqua e cibo
BTFS	Benzotrifluoruri
C ₆ O ₄	Ammonio ((2,2,4,5-tetrafluoro-5-(trifluorometossi) -1,3-diossolan-4-il) ossi) difluoro acetato
CAS	Chemical abstracts service
Cn-SIGLA	Numero di atomi di carbonio seguito dalla sigla della sostanza perfluoroalchilica
FTS	Fluorotelomeri solfonati
GBO	Coordinate gauss boaga fuso ovest
HFPO-DA (O GENX)	Acido 2,3,3,3-tetrafluoro-2-(eptfluoropropossi)propanoico
ID	Codice identificativo
IUPAC	International union of pure and applied chemistry
IARC	Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (international agency for research on cancer)
INTERFERENTE ENDOCRINO	Sostanza che può alterare il normale funzionamento del sistema ormonale
LOQ	Limite di quantificazione (Limit of quantification)
MAGNIFICAZIONE	Processo per cui i contaminanti assorbiti da organismi di un livello trofico aumentano di concentrazione nel trasferimento a organismi del livello trofico successivo tramite la rete trofica.
MATTM	Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare
PFAA	Acido perfluoroalchilico
PFASS	Sostanze per- e polifluoroalchiliche
PFAS C	Sostanze per- e polifluoroalchiliche a catena corta
PFAS L	Sostanze per- e polifluoroalchiliche a catena lunga
PFBA	Acido perfluorobutanoico
PFBS	Acido perfluorobutansolfonico
PFCAS	Acidi perfluoroalchilcarbossilici
PFDA	Acido perfluorodecanoico
PFDS	Acido perfluorodecansolfonico
PFDODA	Acido perfluorododecanoico

PFODDS	Acido perfluorododecansolfonico
PFECA	Acidi per- e polifluoroetere carbossilici
PFHPA	Acido perfluoroeptanoico
PFHPS	Acido perfluoroeptansolfonico
PFHXA	Acido perfluoroesanoico
PFHXS	Acido perfluoroesansolfonico
PFNA	Acido perfluorononanoico
PFNS	Acido perfluorononansolfonico
PFOA	Acido perfluorooctanoico
PFOS	Acido perfluorooctansolfonico
PFPEA	Acido perfluoropentanoico
PFPEP	Acido perfluoropentansolfonico
PFSA	Acidi perfluoroalchilsolfonici
PFUNA	Acido perfluoroundecanoico
PFUNS	Acido perfluoroundecansolfonico
PFTRDA	Acido perfluorotridecanoico
PFTRDS	Acido perfluorotridecansolfonico
PLUME	Pennacchio di contaminazione delle acque sotterranee
POPS	Inquinanti organici persistenti (Persistent organic pollutants)
REACH	Registration, evaluation, authorisation of chemicals
RS-PFAS	Rete sorveglianza pfas delle acque sotterranee
RS-BP	Parte della rete sorveglianza pfas delle acque sotterranee di bassa pianura
RS-MAP	Parte della rete sorveglianza pfas delle acque sotterranee di alta-media pianura
SIRAV	Sistema informativo regionale ambientale del veneto
TAXA	In biologia, taxa è il plurale di taxon, un raggruppamento di organismi che condividono caratteristiche comuni e che sono organizzati gerarchicamente all'interno della sistematica. Questo termine si riferisce a una categoria tassonomica (come specie, genere, famiglia).

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia per la collaborazione la dott. Giulia Gaiola, dott. Debora Turin, prof. Andrea Colla, prof. Leonardo Latella, prof. Sara Bogioli. Inoltre Massimo Mazzola, Edi Antonello, Caterina Cecchinato, Massimiliano Prenzato, Giorgia Sedda, Biagio Gianni, Francesca Zanon, Andrea Vanin, Gabriele Vedovato, Luca Zagolin, Silvia Obber, Fabio Cavalli, Raffaele Gnech.

Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente
Unità Organizzativa Qualità della Acque e Tutela della Risorsa Idrica
Via Rezzonico, 41
35131 Padova
Italy
Tel. +39 049 7393783
e-mail: orac@arpa.veneto.it



ARPAV

Agenzia Regionale per la Prevenzione e
Protezione Ambientale del Veneto

Direzione Generale
Via Ospedale Civile, 24
35121 Padova

Italy

Tel. +39 049 8239 301

Fax +39 049 660966

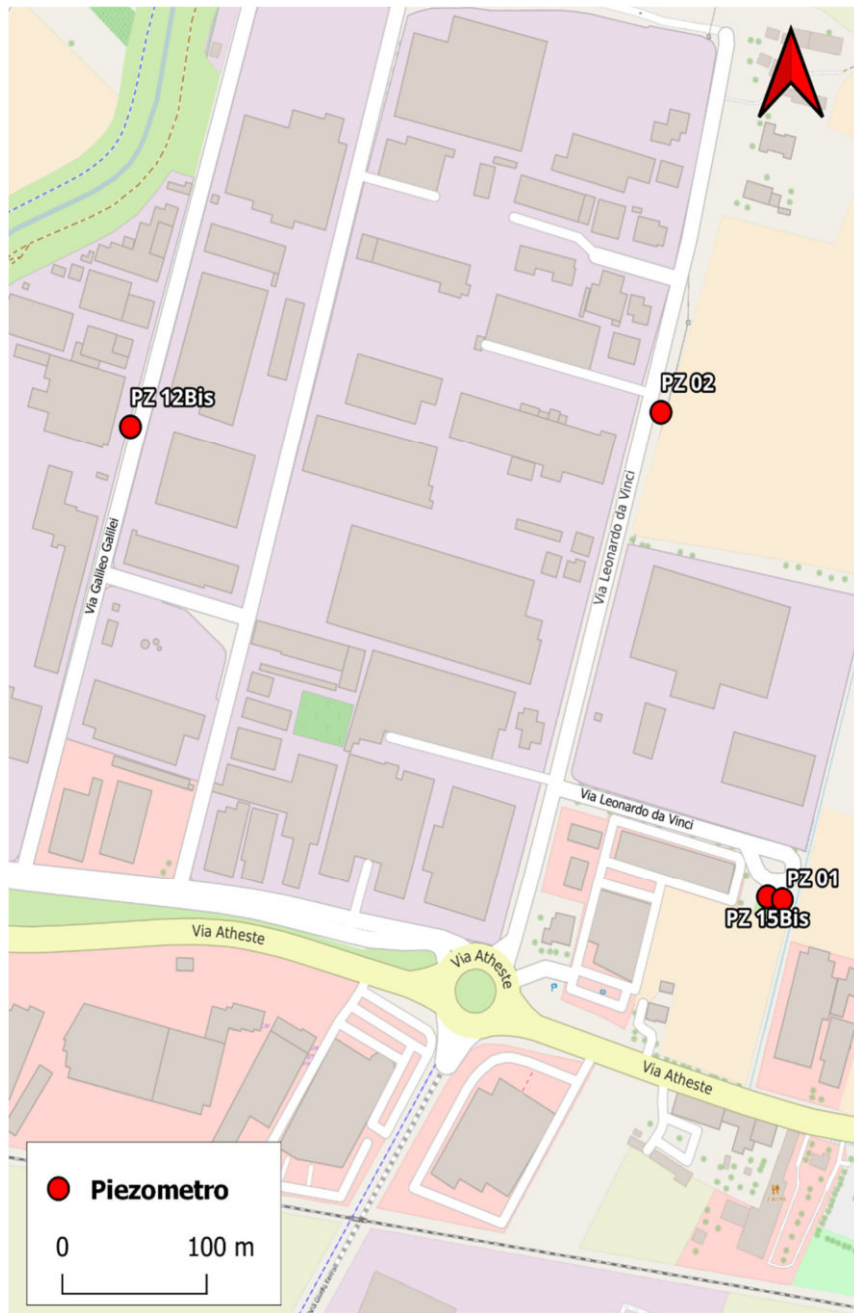
e-mail: urp@arpa.veneto.it

e-mail certificata: protocollo@pec.arpav.it

www.arpa.veneto.it

ALLEGATO A-1

UBICAZIONE DEI PIEZOMETRI

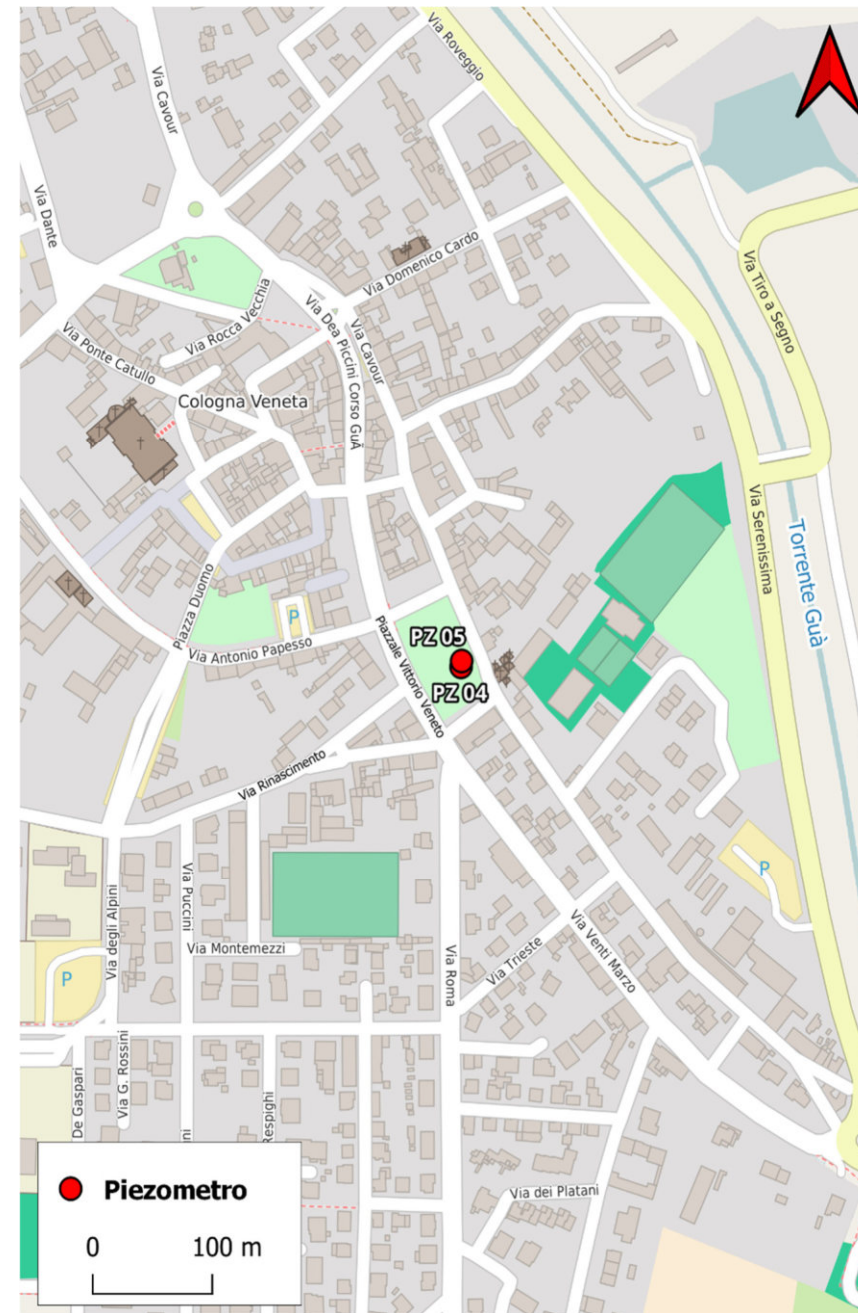


PIEZOMETRI DI ESTE (PD)

TIPO DI INDAGINE:

Indagine approfondimento Este per presenza di Alogenati Clorurati

ZAI Sud – superficiale

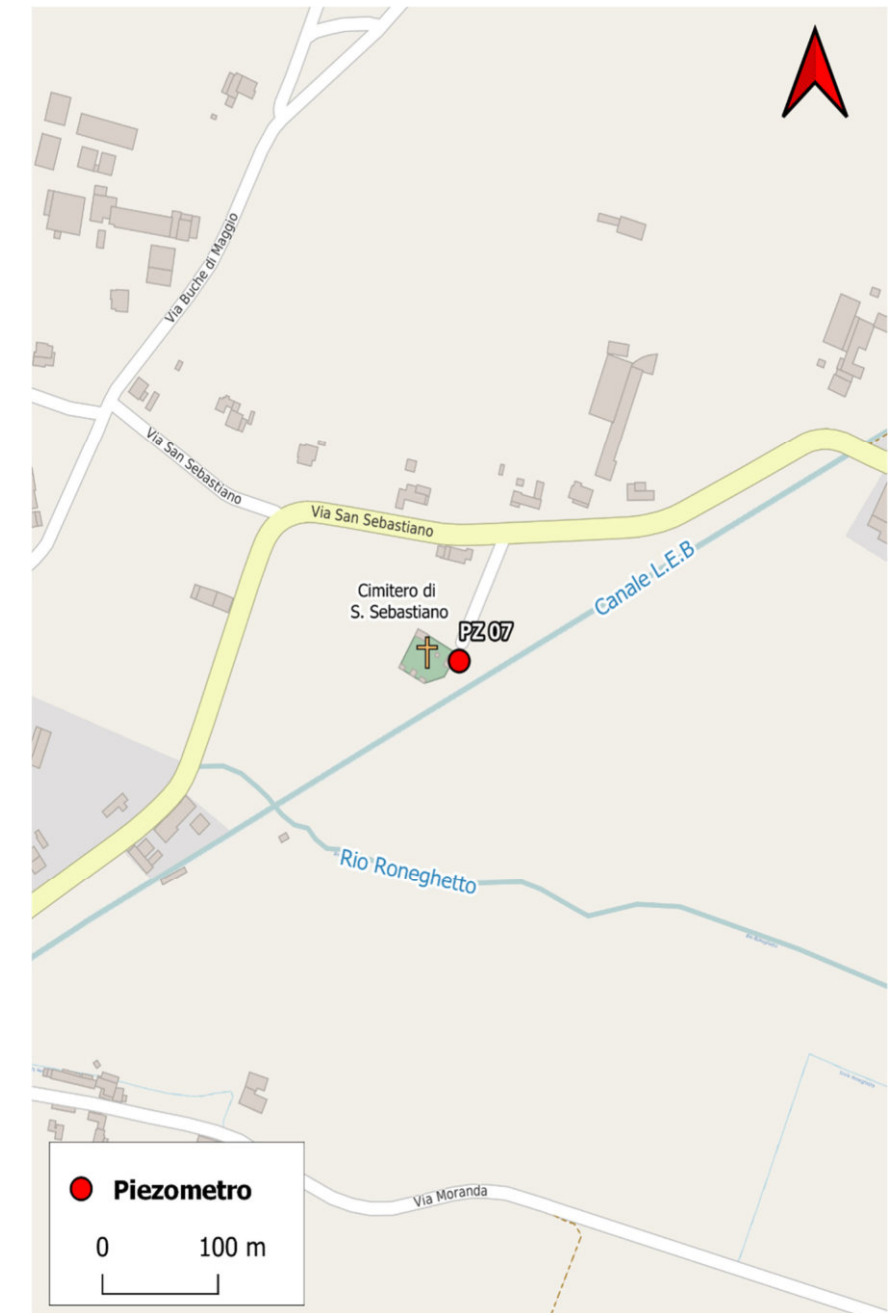


PIEZOMETRI DI COLOGNA VENETA (VR)

TIPO DI INDAGINE:

Indagine conoscitiva - fronte sud - Cologna superficiale - verificare area

alta concentrazione - cluster superficiale e profondo

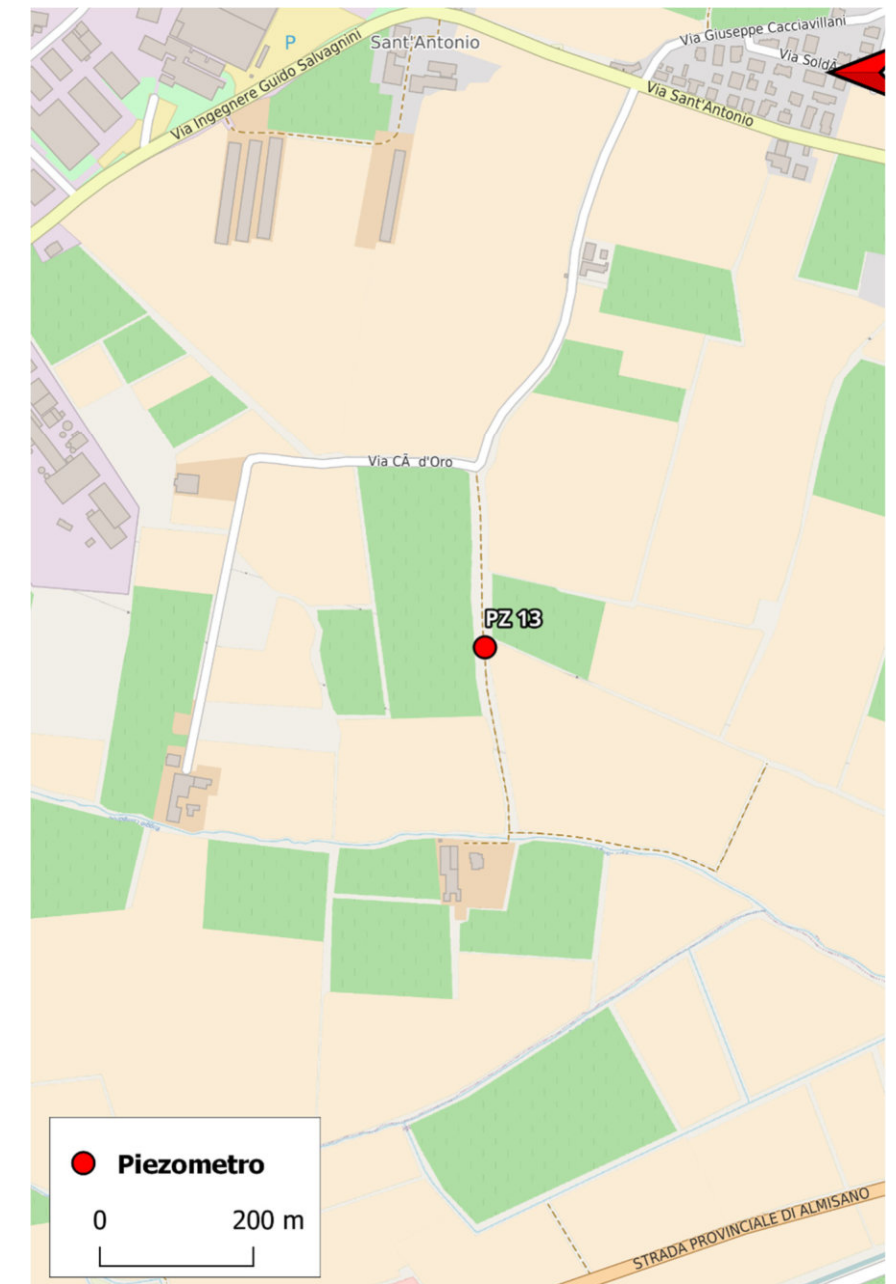
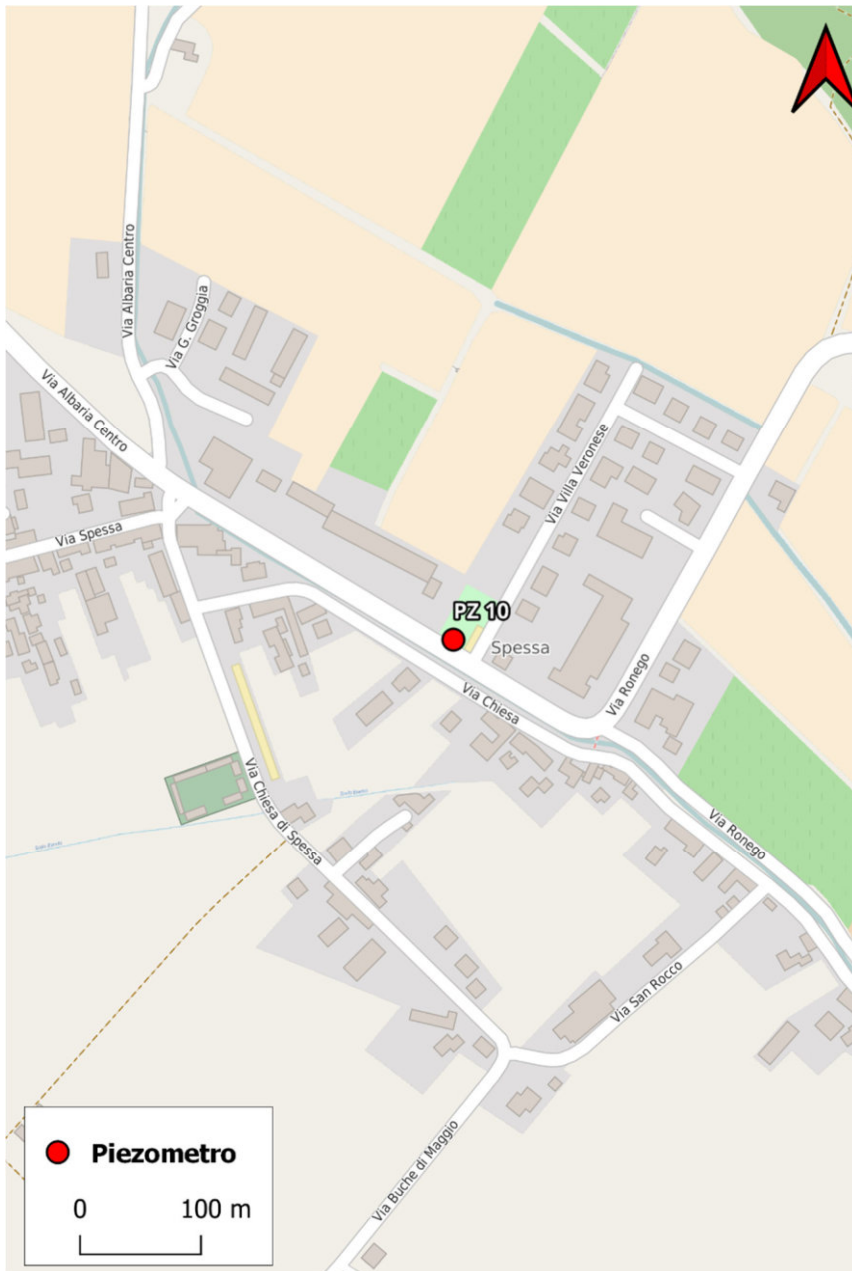


PIEZOMETRO DI COLOGNA VENETA (VR)

TIPO DI INDAGINE:

Indagine conoscitiva - fronte sud - area a minore contaminazione -

paleostruttura deposizionale



PIEZOMETRO DI ORGIANO, SPESSA (VI)

TIPO DI INDAGINE:

Indagine conoscitiva - fronte sud - area a maggior contaminazione - paleostruttura deposizionale

PIEZOMETRO DI LONIGO (VI)

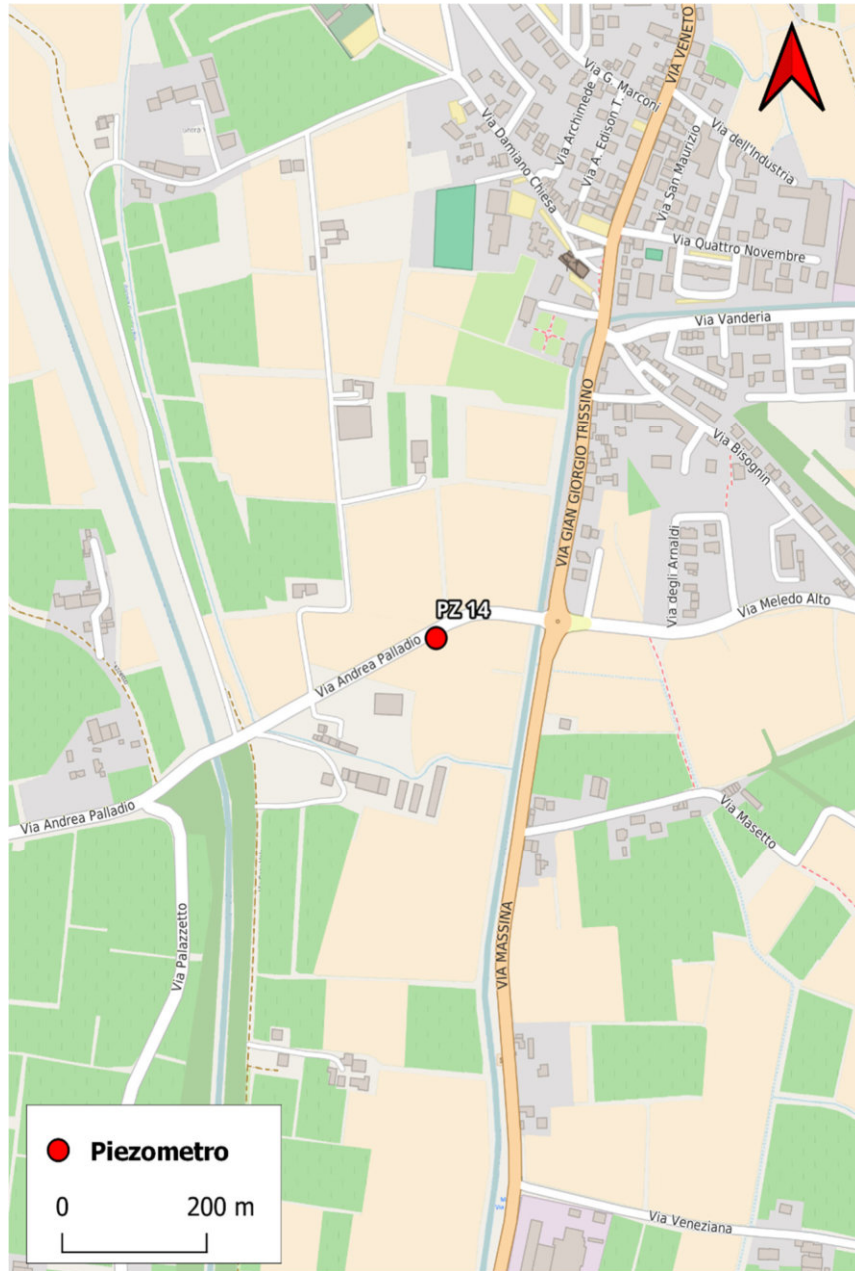
TIPO DI INDAGINE:

Indagine conoscitiva Lonigo - zona elevata contaminazione

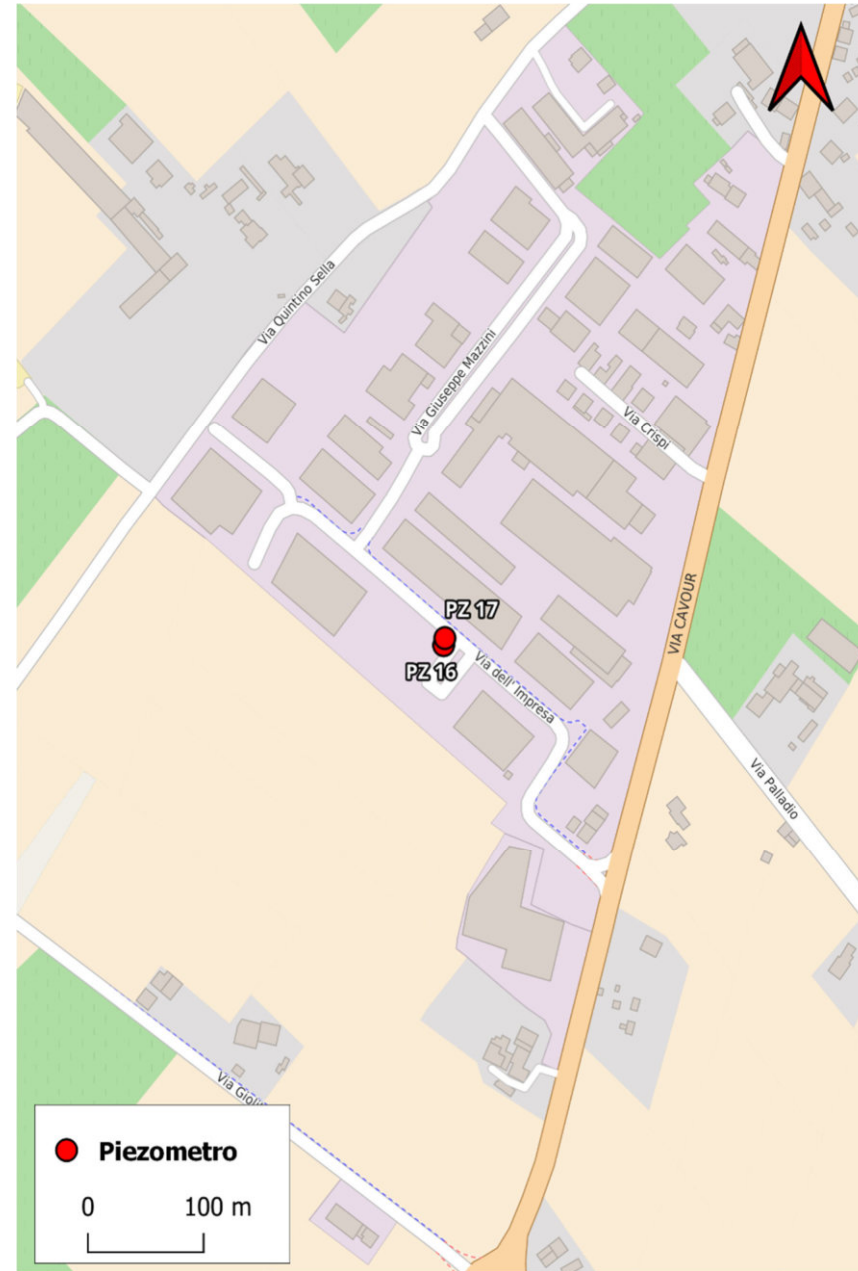
PIEZOMETRO DI SAREGO (VI)

TIPO DI INDAGINE:

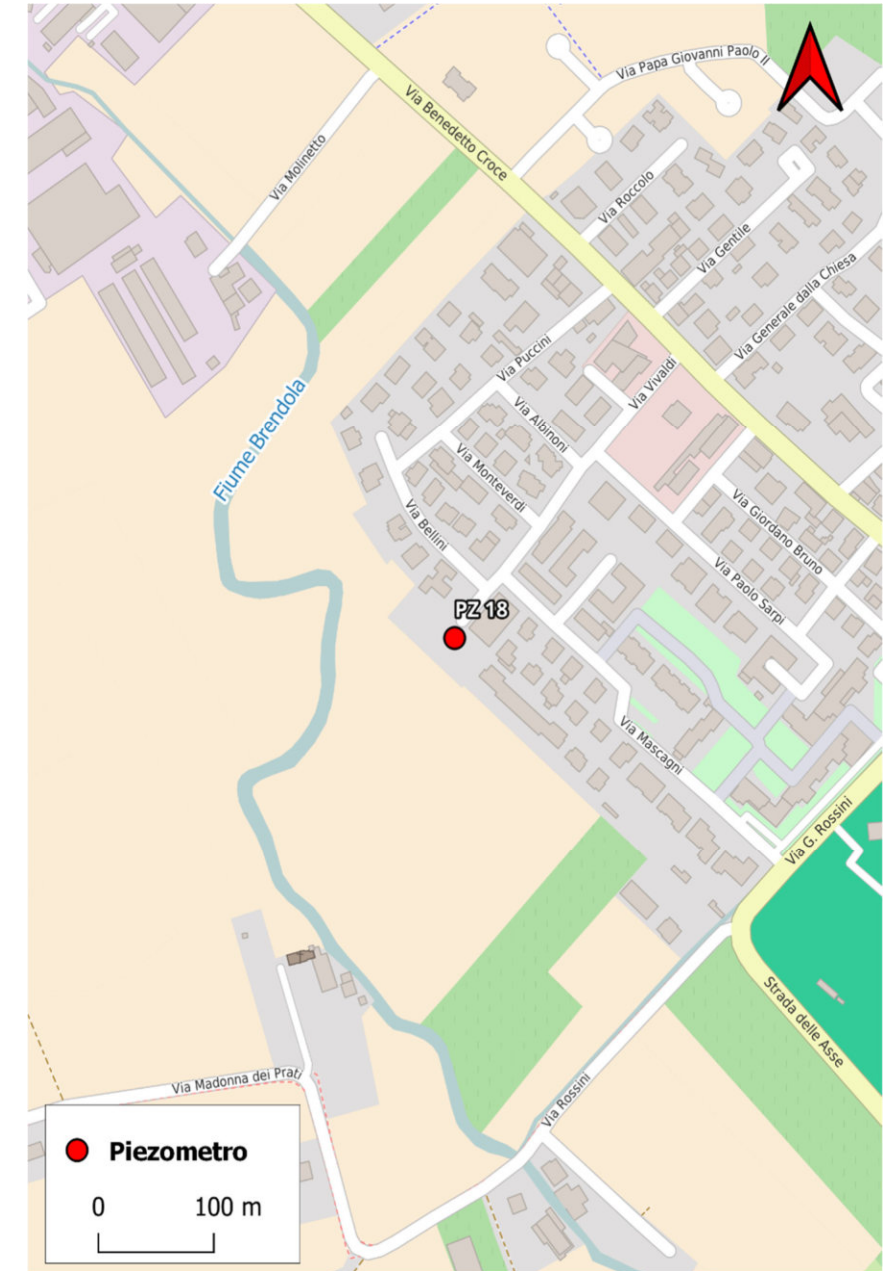
Indagine approfondimento Sarego - zona elevata contaminazione



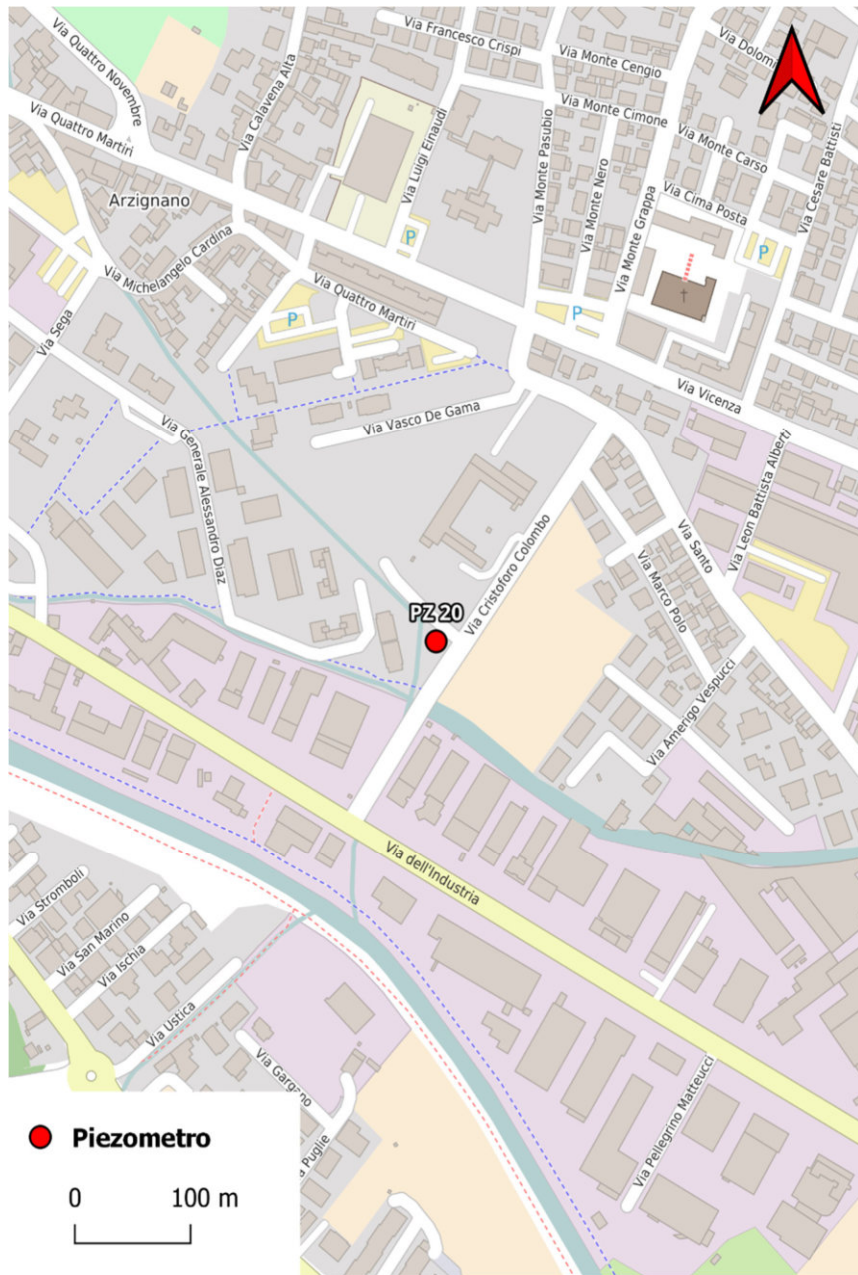
PIEZOMETRO DI SAREGO (VI)
 TIPO DI INDAGINE:
 Indagine di approfondimento Sarego - spinto fino a substrato roccioso - strutturale



PIEZOMETRI DI BRENDOLA (VI)
 TIPO DI INDAGINE:
 Indagine conoscitiva - cluster superficiale e profondo - Spinto fino a substrato roccioso



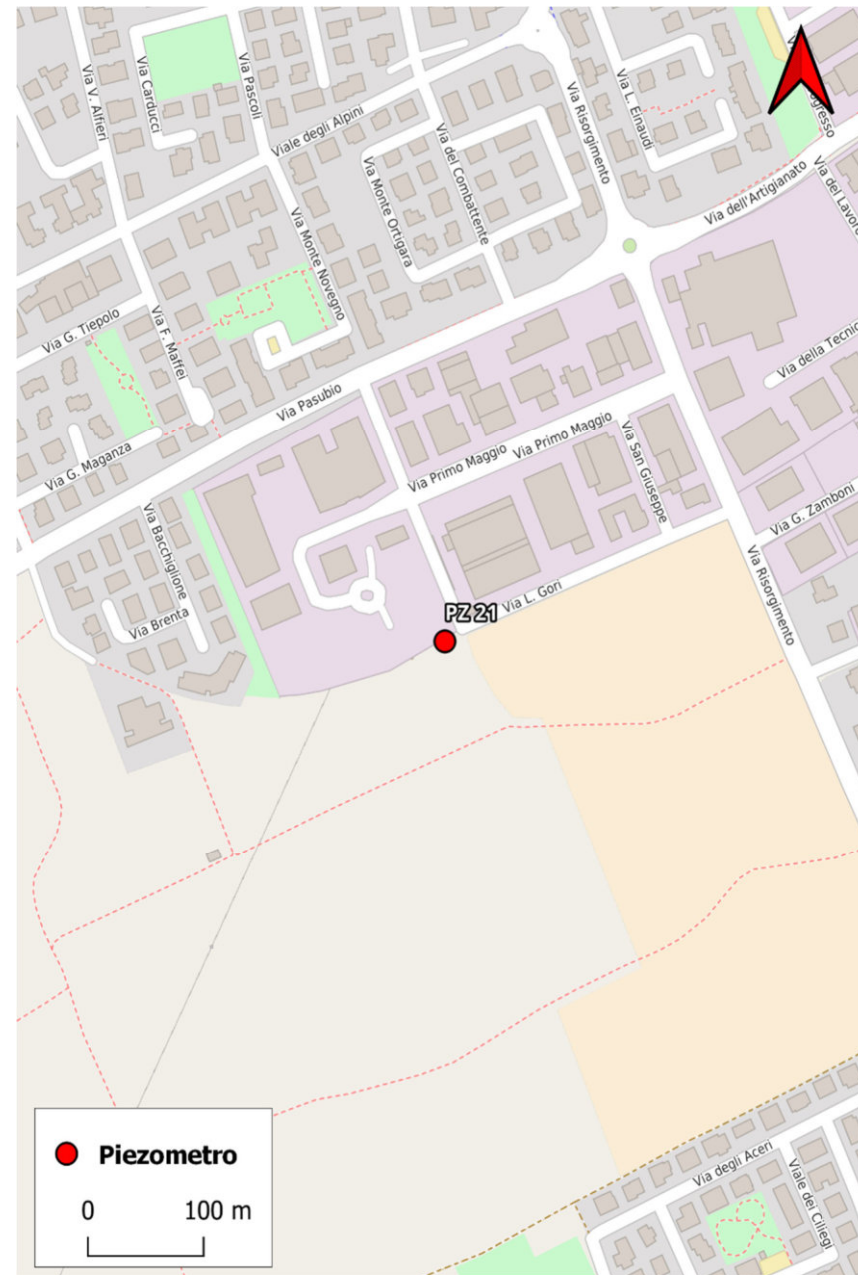
PIEZOMETRO DI BRENDOLA (VI)
 TIPO DI INDAGINE:
 Indagine conoscitiva asse drenaggio Brendola - zona risorgive - numero acquiferi - profondo



PIEZOMETRO DI ARZIGNANO (VI)

TIPO DI INDAGINE:

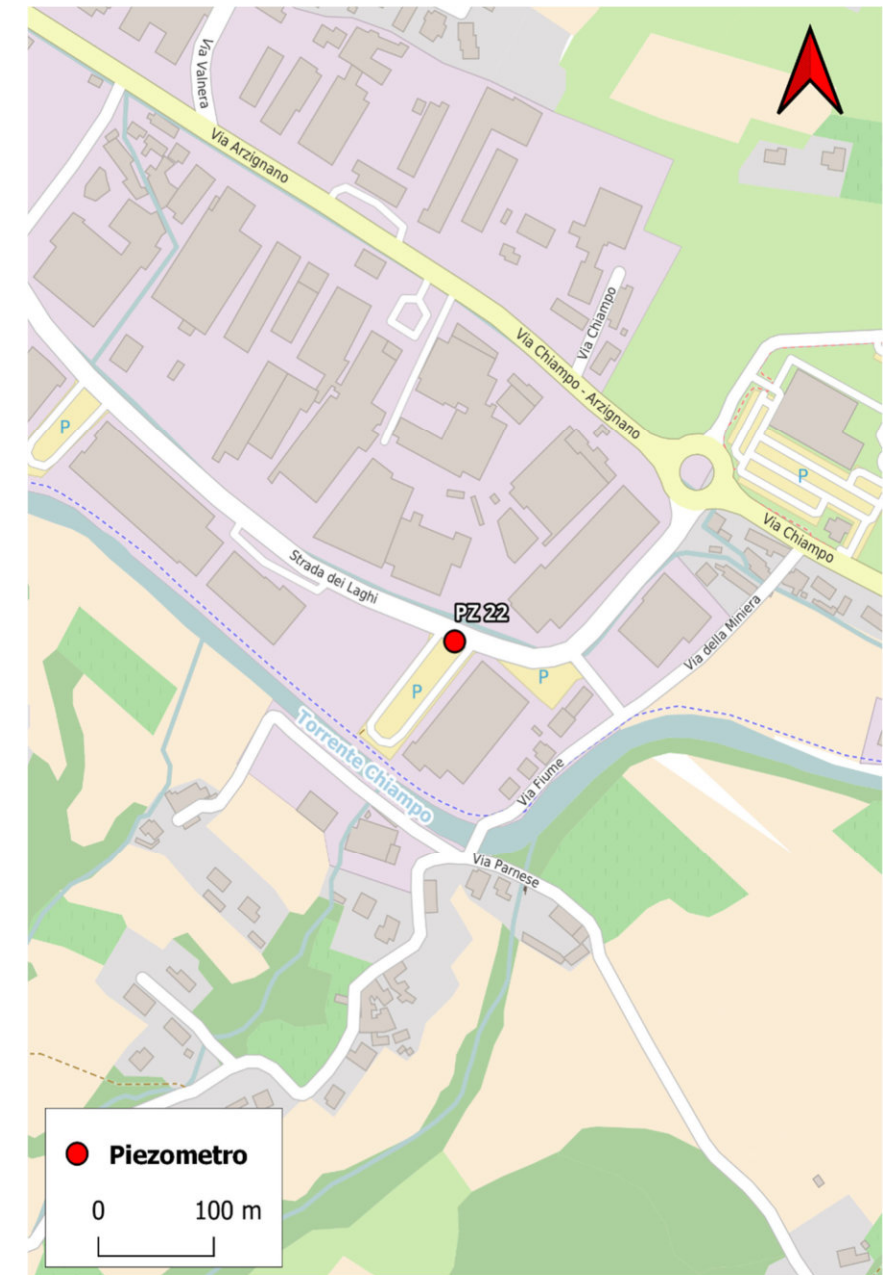
Indagine Conoscitiva a monte ZAI Arzignano



PIEZOMETRO DI SOVIZZO (VI)

TIPO DI INDAGINE:

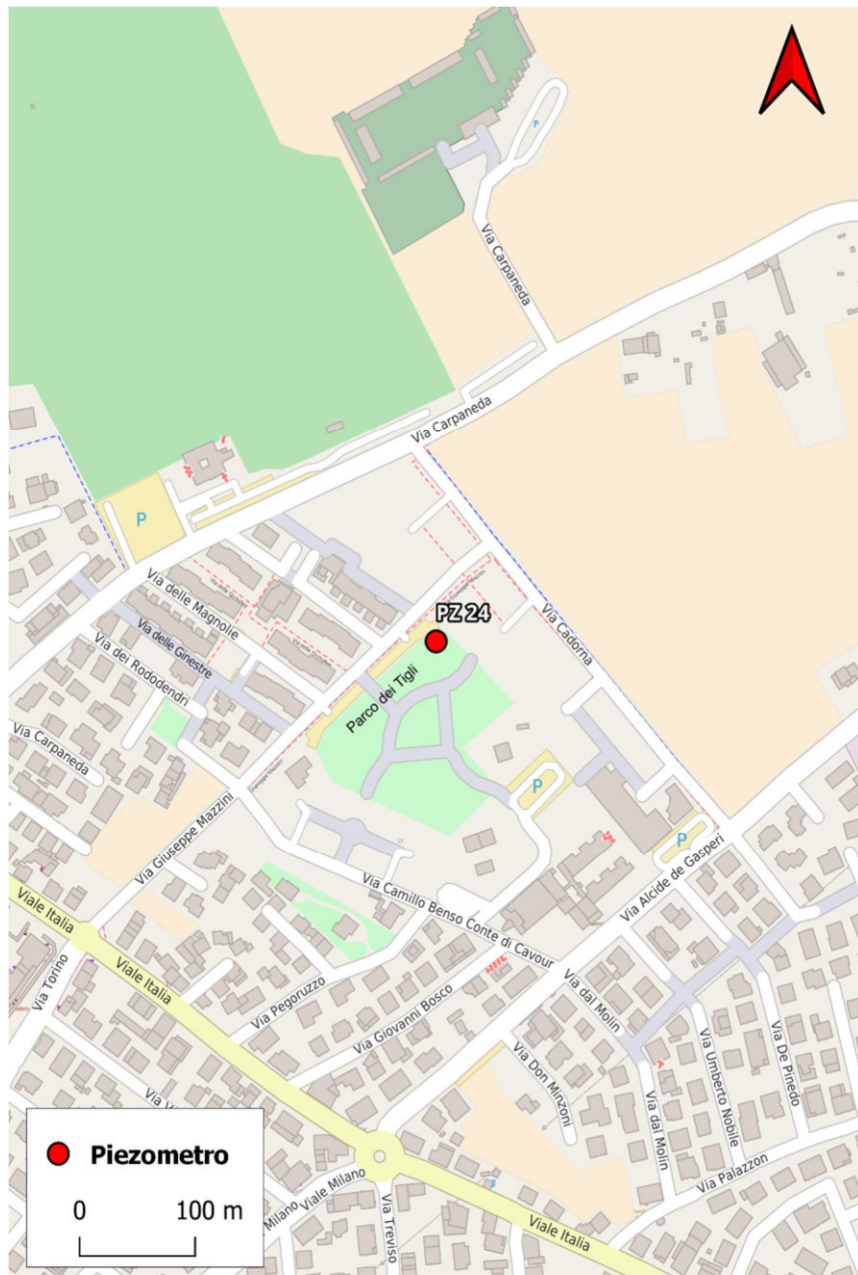
Indagine conoscitiva fronte EST - Asse contaminazione - substrato



PIEZOMETRO DI CHIAMPO (VI)

TIPO DI INDAGINE:

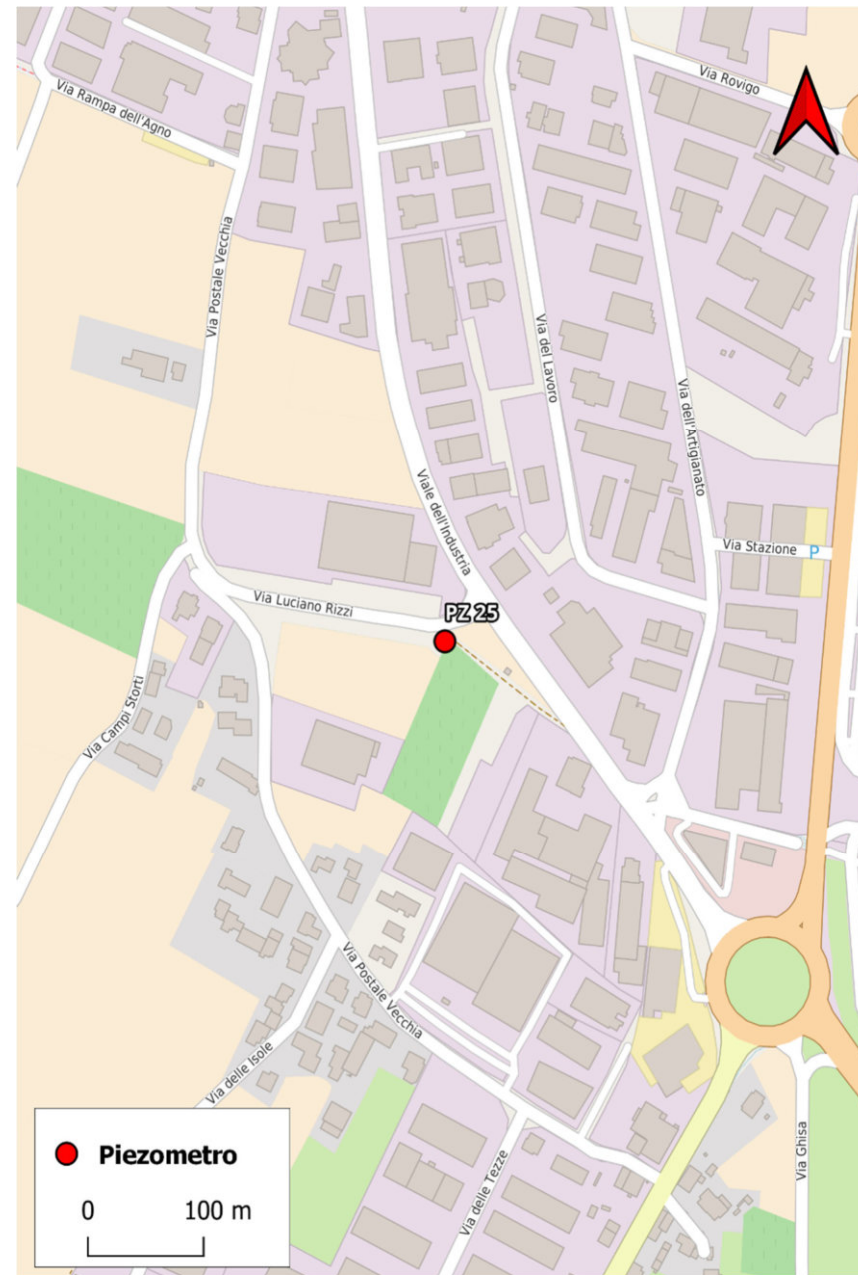
Chiampo - conoscitivo - sud ZAI



PIEZOMETRO DI CREAZZO (VI)

TIPO DI INDAGINE:

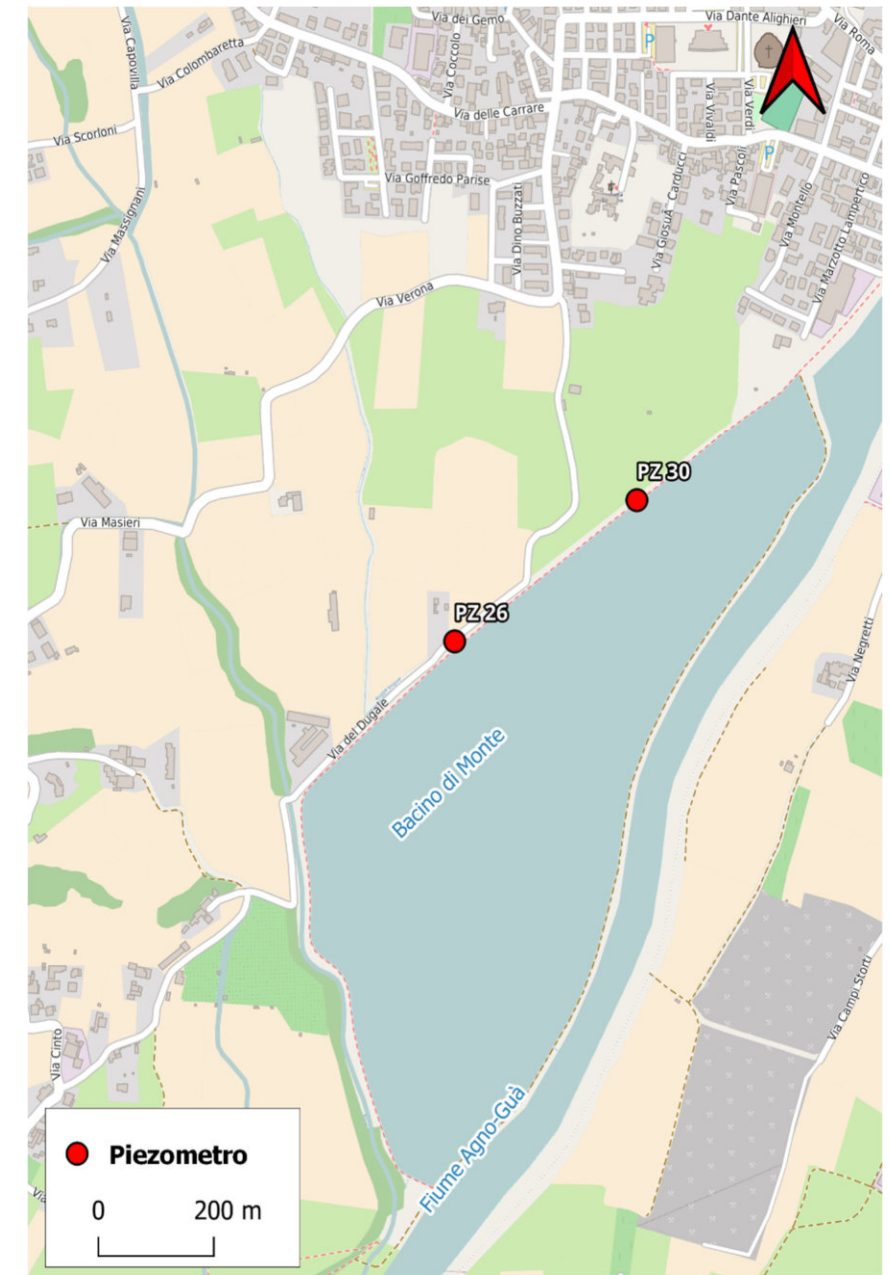
Indagine conoscitiva fronte EST - zona risorgive - torbe e numero acquiferi - zona elevata contaminazione - profondo



PIEZOMETRI DI TRISSINO (VI)

TIPO DI INDAGINE:

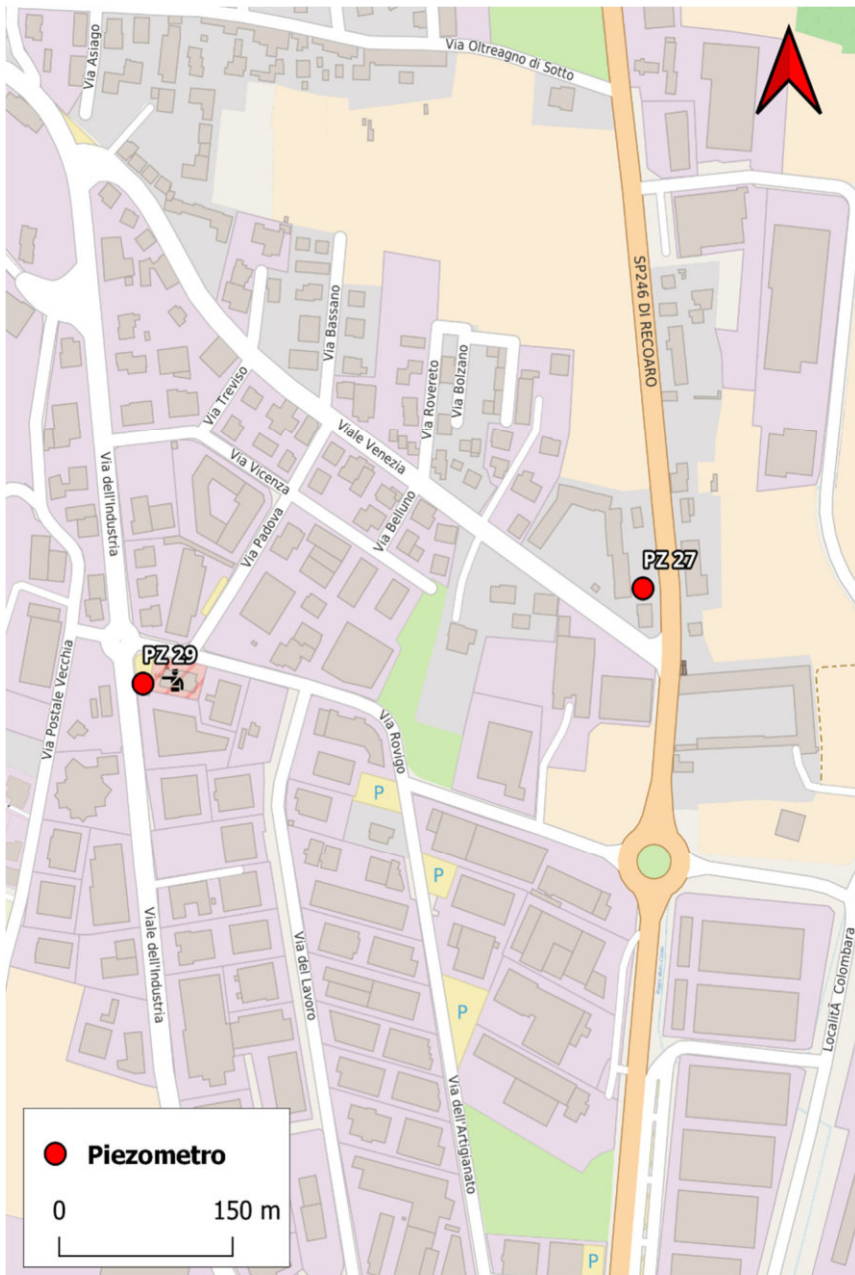
Indagine approfondimento ex-RIMAR - intravallivo



PIEZOMETRI DI TRISSINO (VI)

TIPO DI INDAGINE:

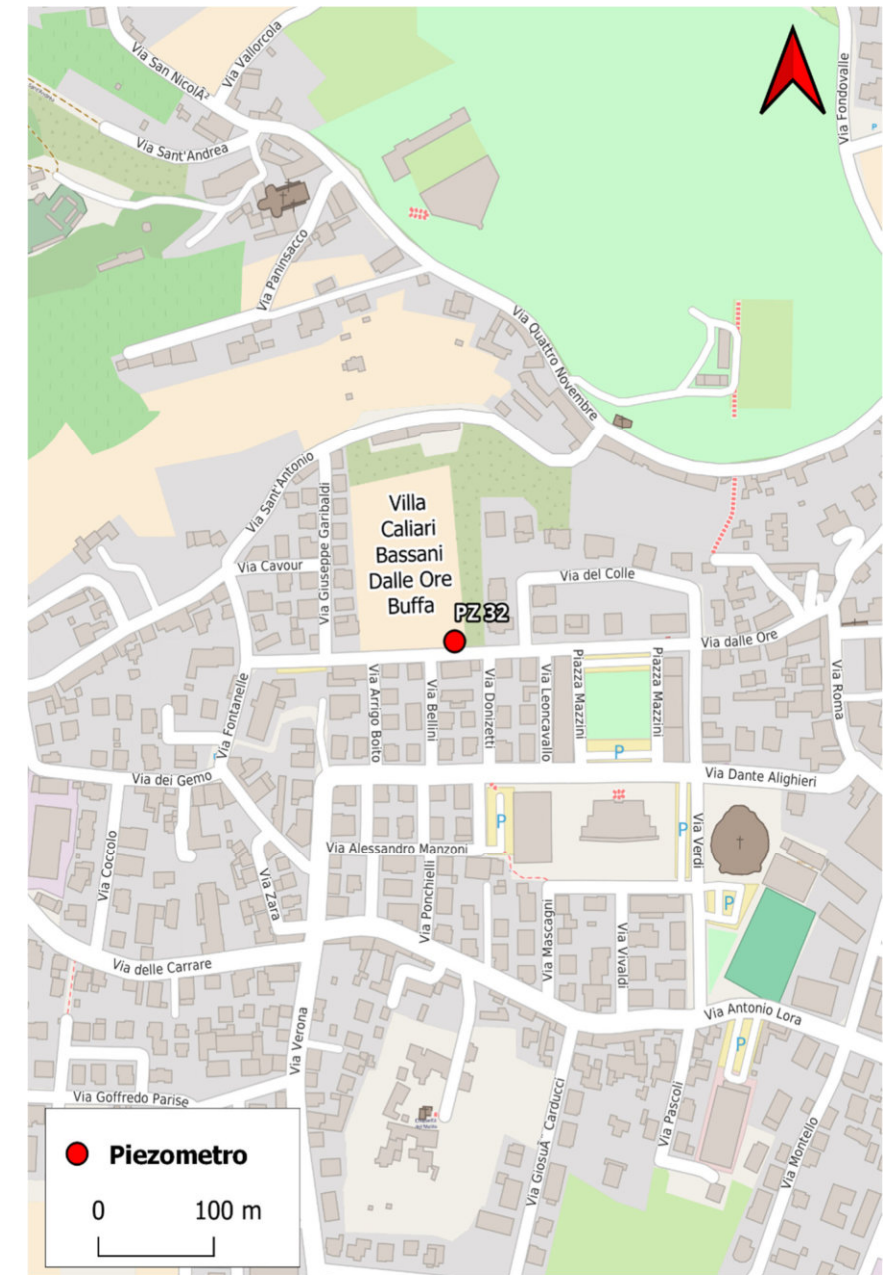
Indagine approfondimento ex-RIMAR - integrazione rete valle idrogeologica - valle discarica via Dugale



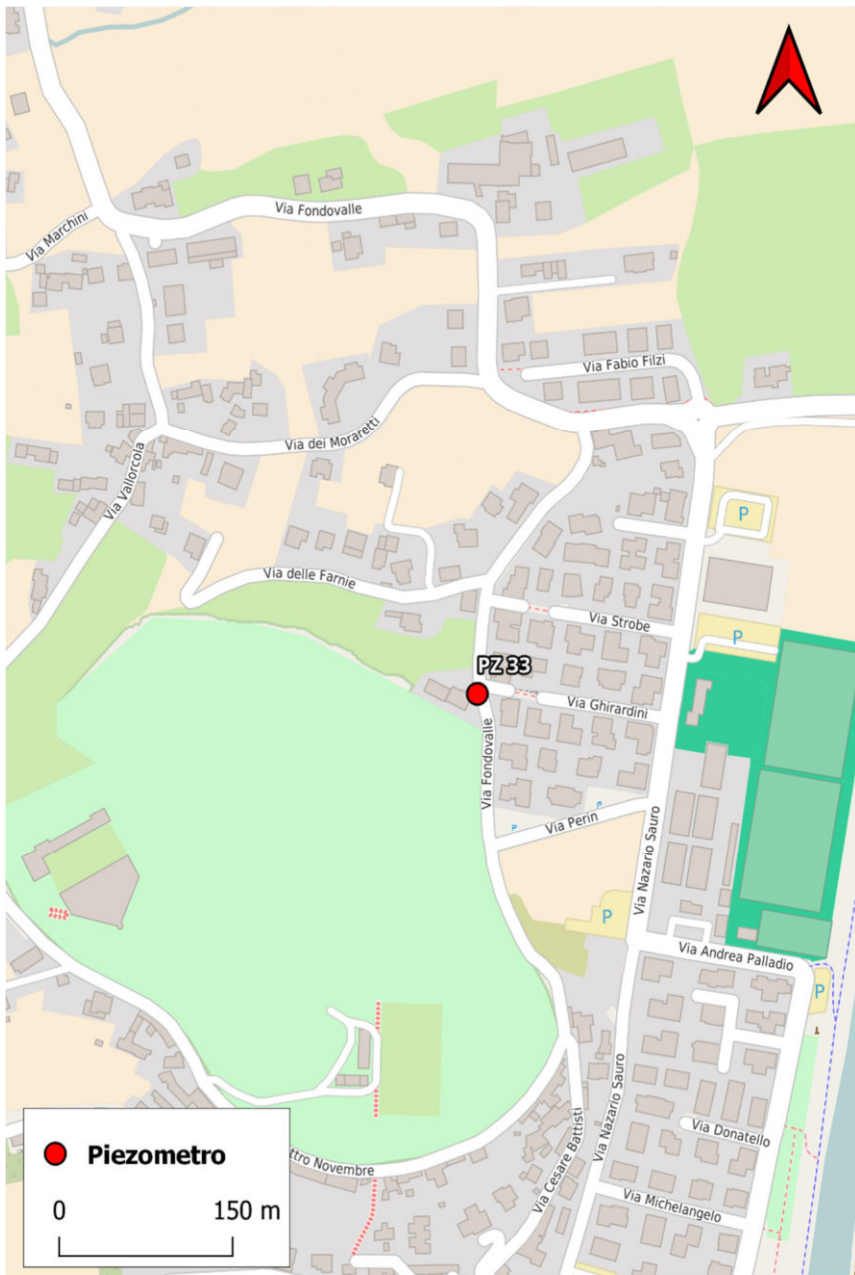
PIEZOMETRO DI TRISSINO (VI)
TIPO DI INDAGINE:
Indagine approfondimento ex-RIMAR - intravallivo



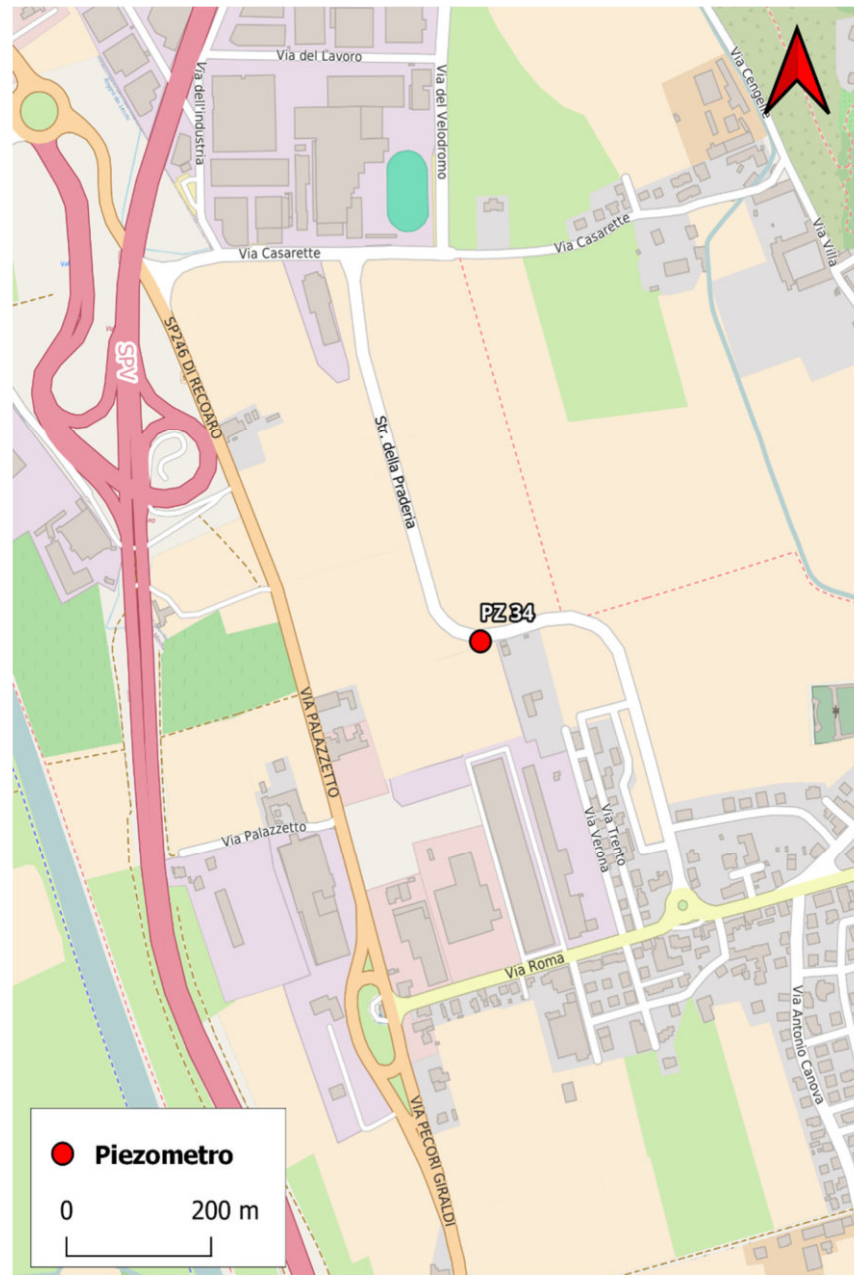
PIEZOMETRO DI TRISSINO (VI)
TIPO DI INDAGINE:
Monte ex-MITENI - integrativo



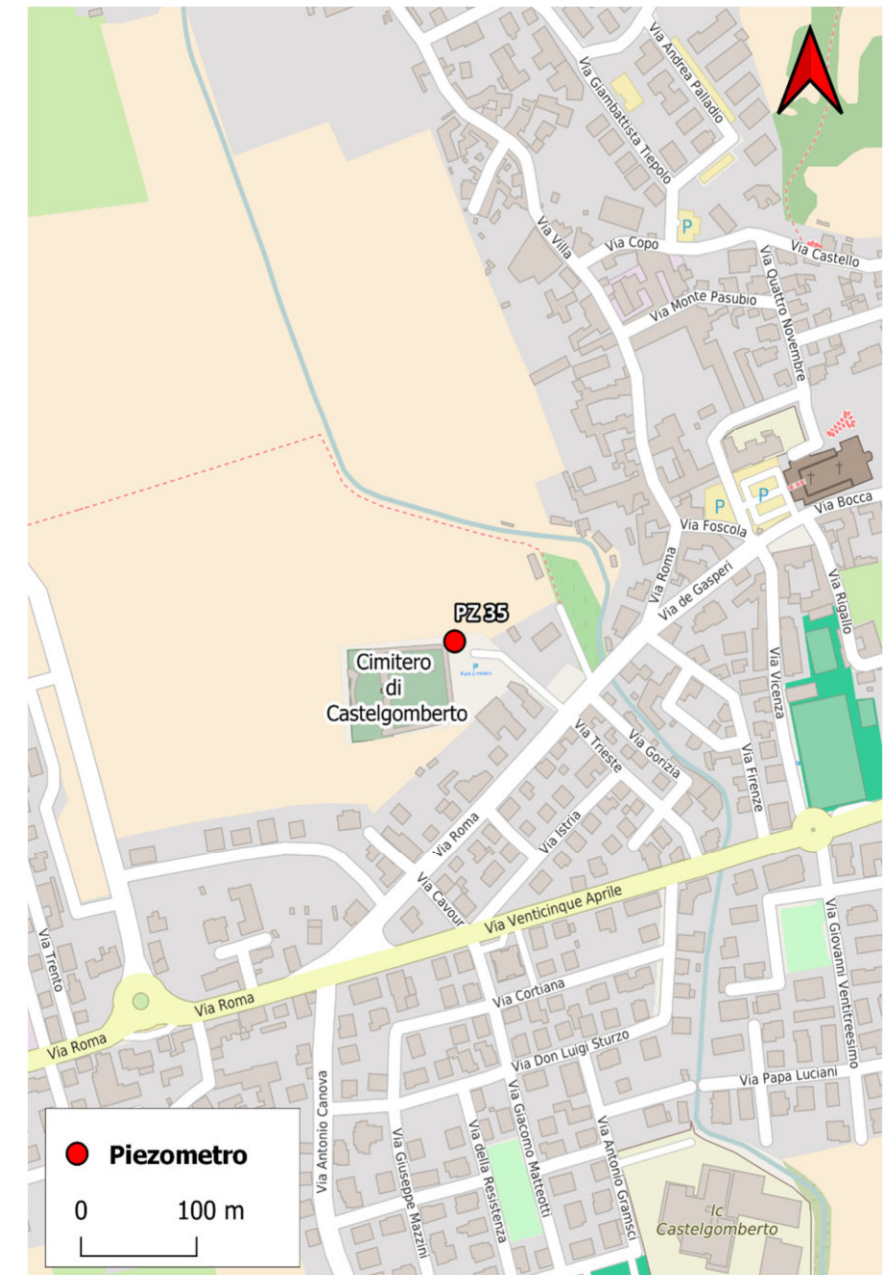
PIEZOMETRO DI TRISSINO (VI)
TIPO DI INDAGINE:
Indagine approfondimento ex-RIMAR - imm. a valle - profondo



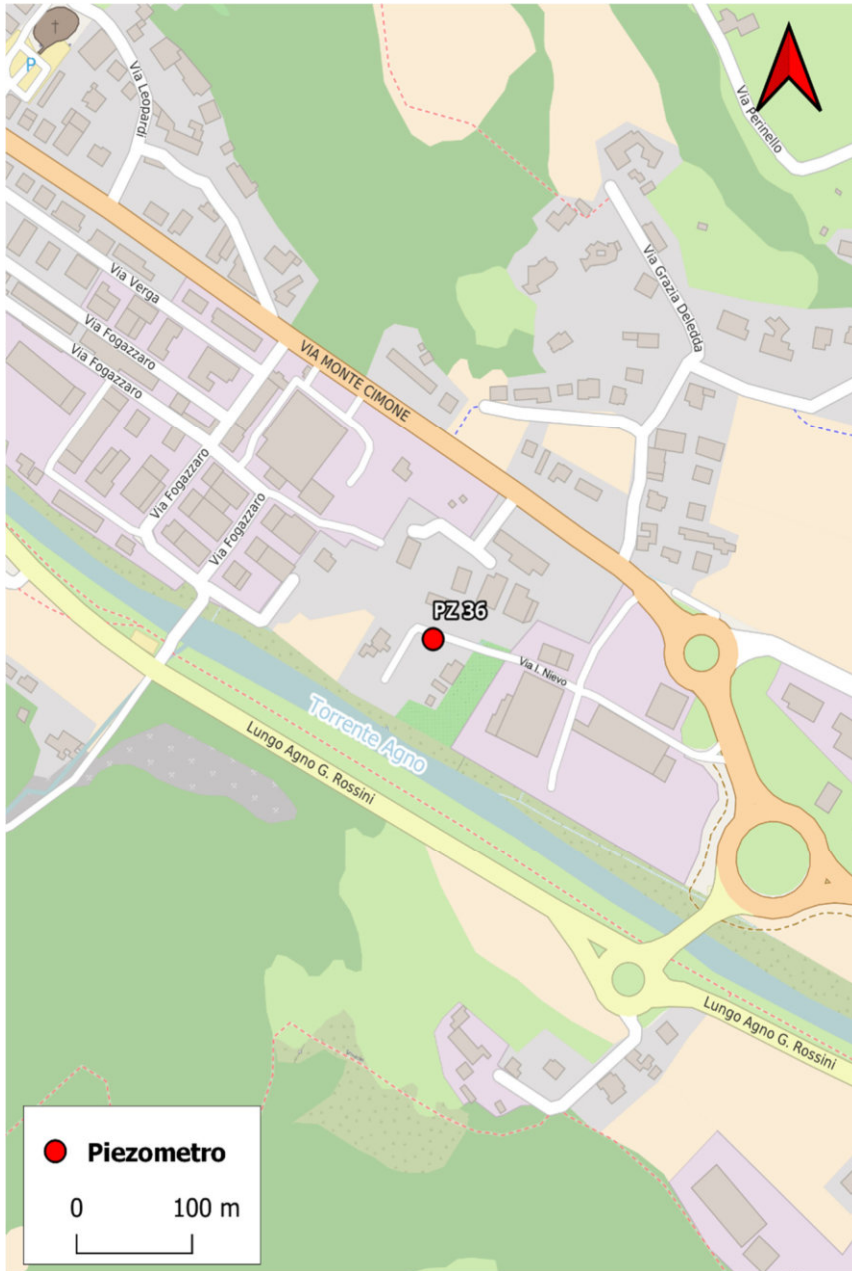
PIEZOMETRI DI TRISSINO (VI)
 TIPO DI INDAGINE:
 Indagine approfondimento ex-RIMAR – Vallorcola



PIEZOMETRO DI CASTELGOMBERTO (VI)
 TIPO DI INDAGINE:
 Indagine approfondimento SPV - conoscitiva sud - Rif. CrVI
 Galvanoplastica



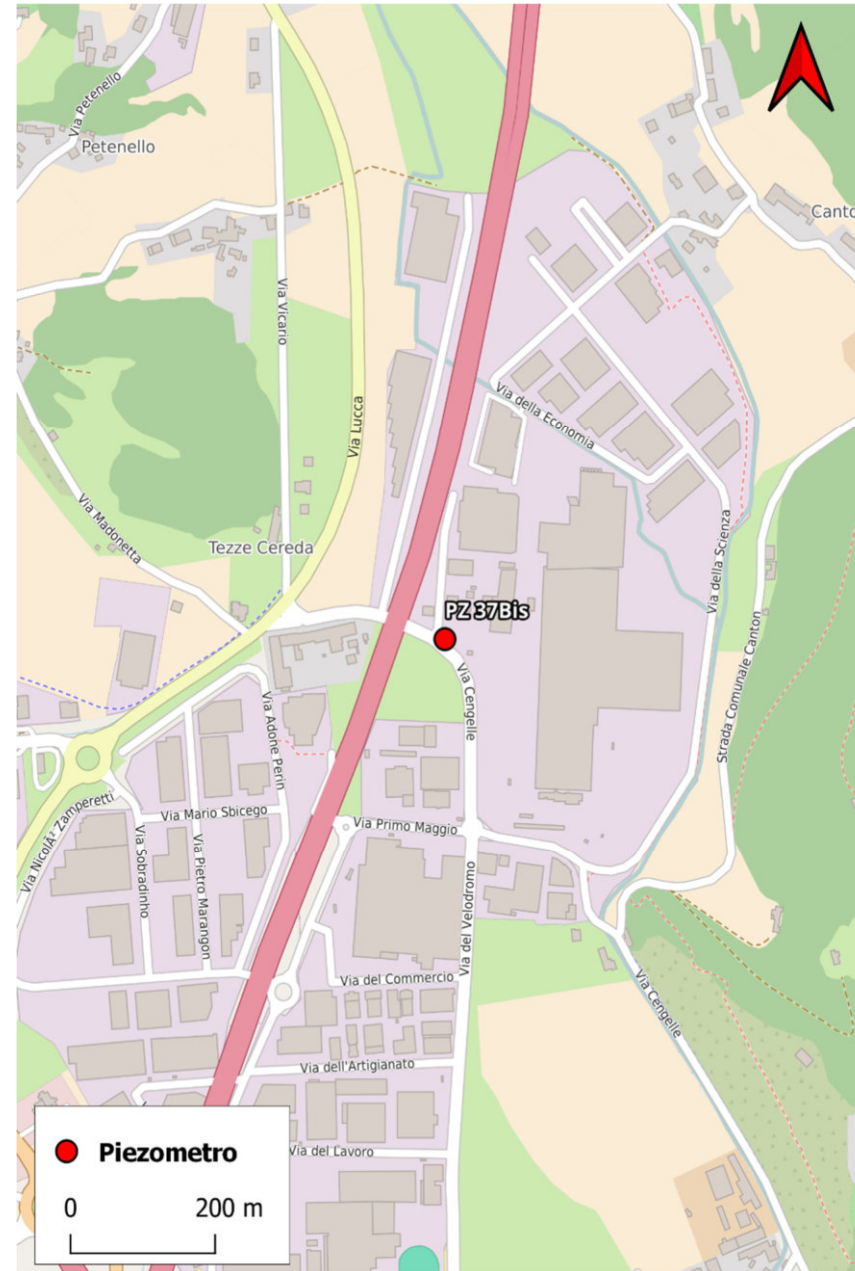
PIEZOMETRO DI CASTELGOMBERTO (VI)
 TIPO DI INDAGINE:
 Indagine approfondimento SPV - conoscitiva nord



PIEZOMETRI DI CORNEDO VICENTINO (VI)

TIPO DI INDAGINE:

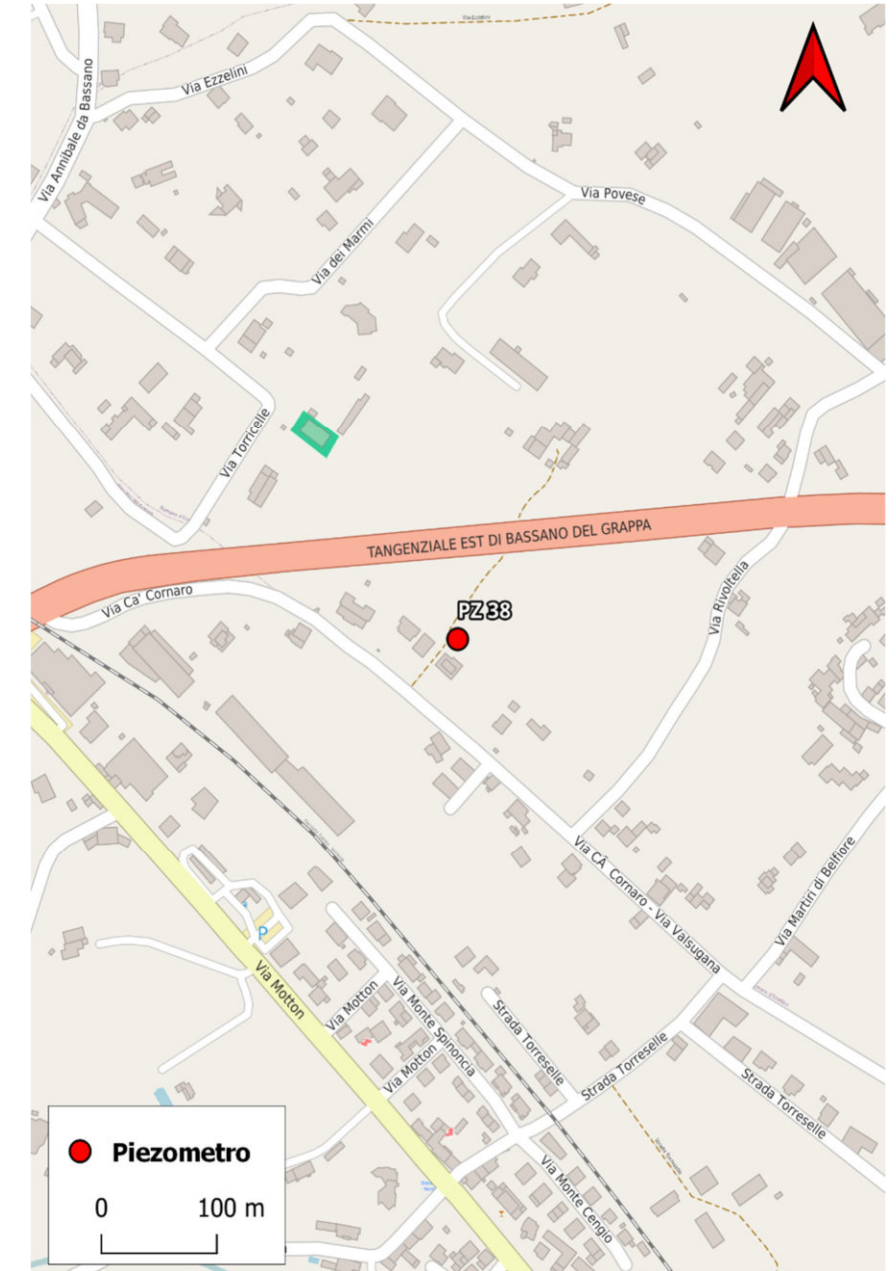
Punto a valle ZAI Valdagno - Rif. Inq. Cromaplast



PIEZOMETRO DI CASTELGOMBERTO (VI)

TIPO DI INDAGINE:

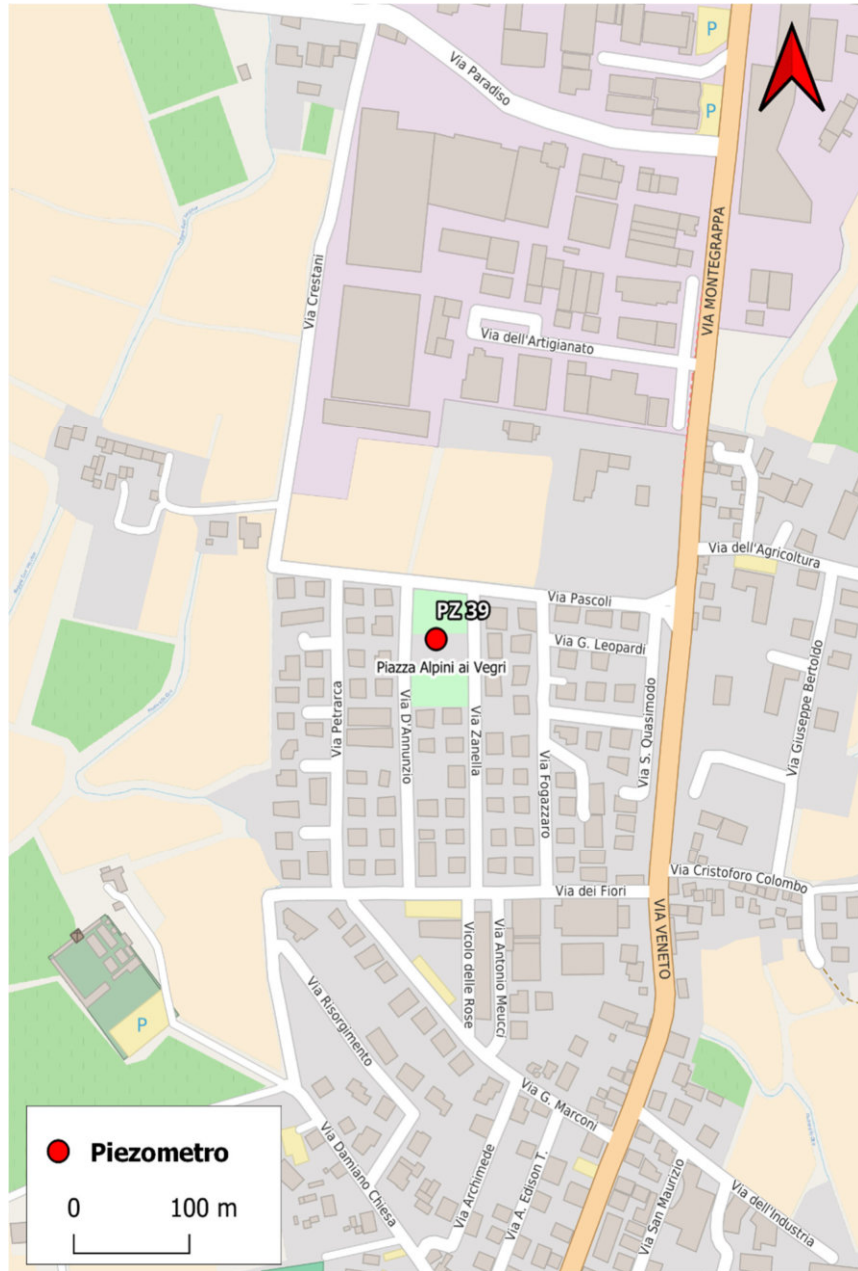
Indagine approfondimento SPV



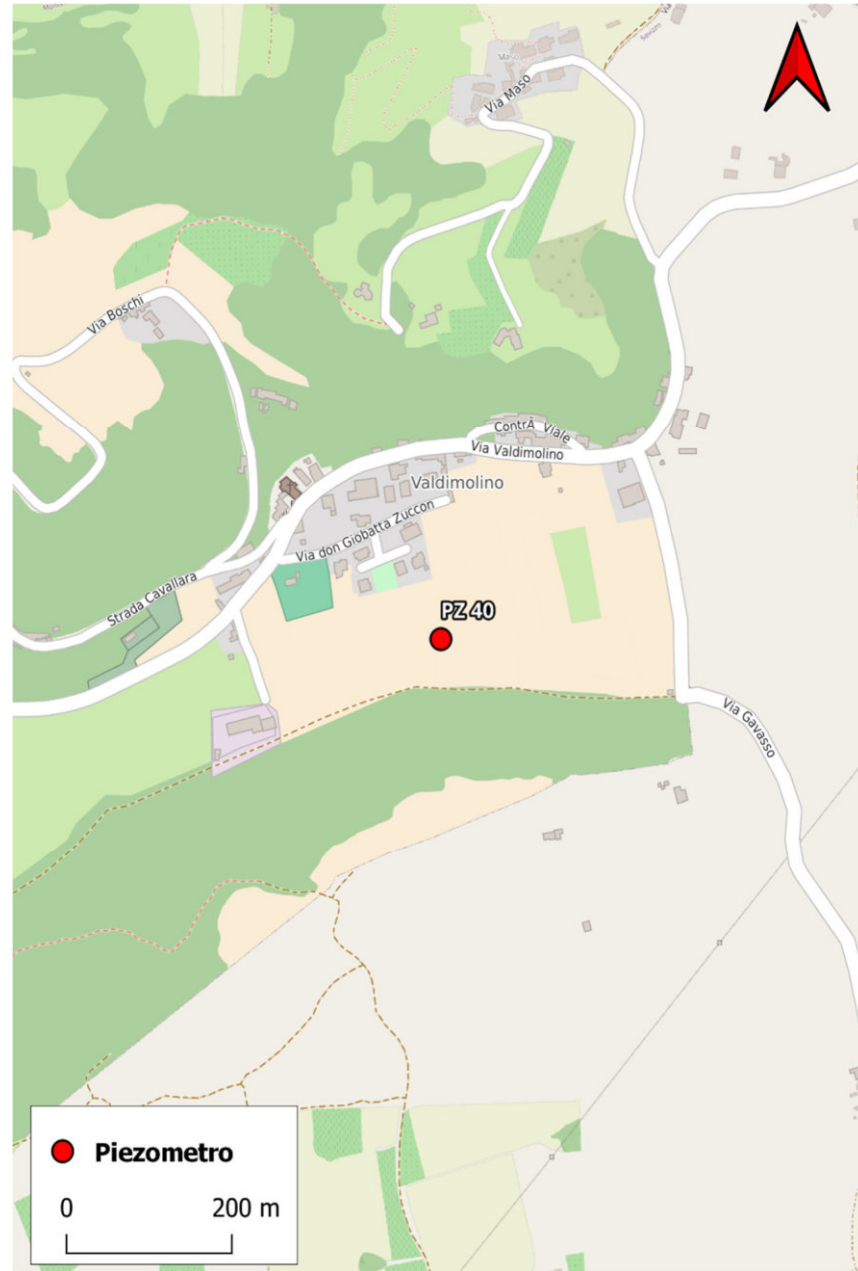
PIEZOMETRO DI ROMANO D'EZZELINO (VI)

TIPO DI INDAGINE:

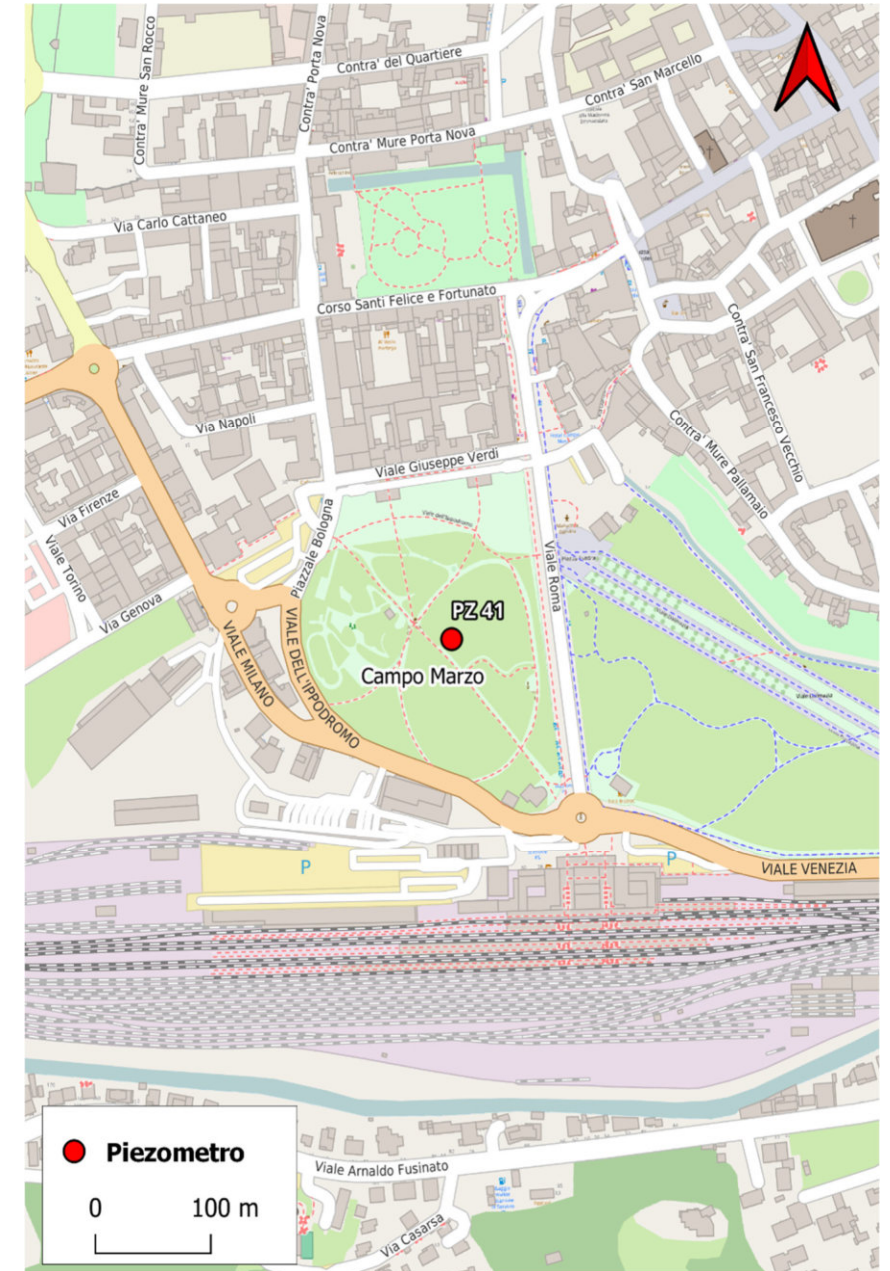
Indagine approfondimento monte Allnex - inquinamento da PFAS



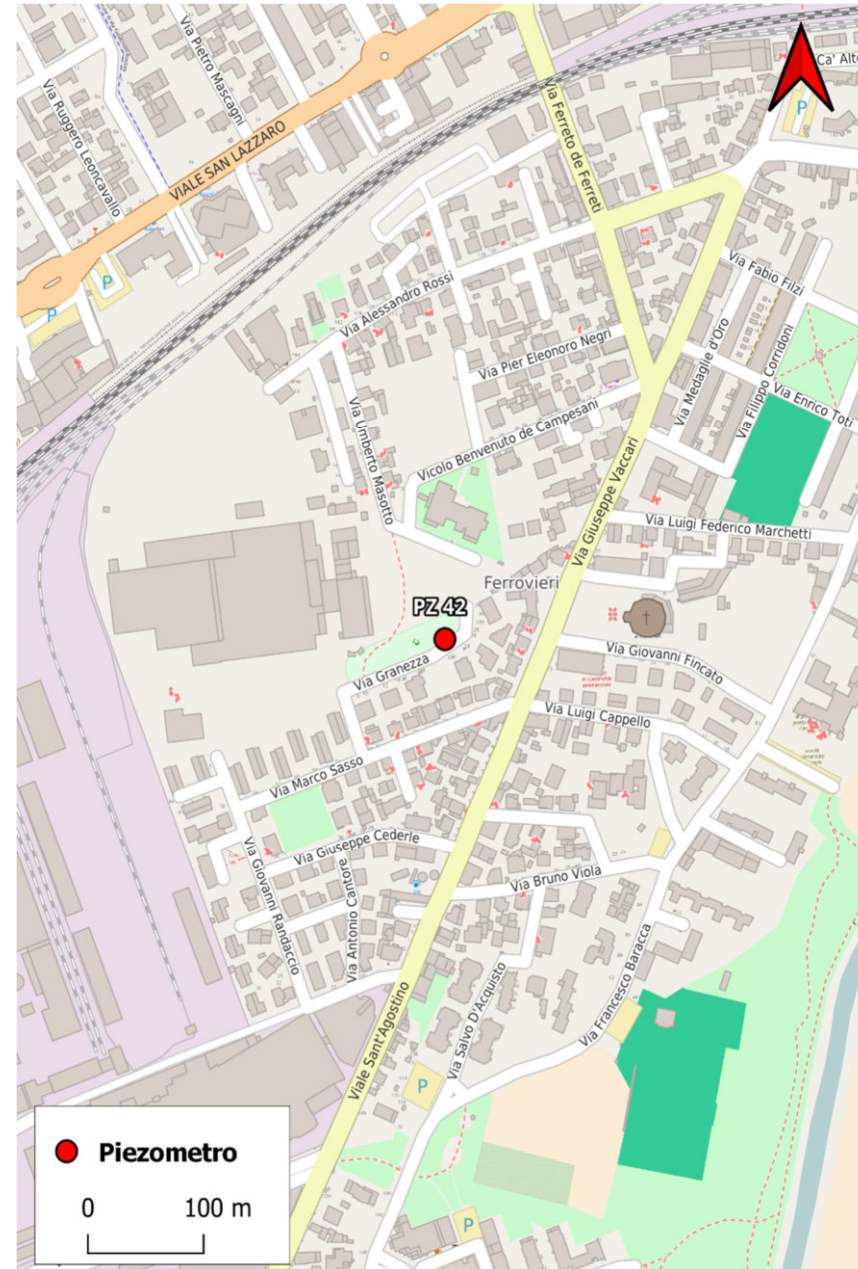
PIEZOMETRI DI SAREGO (VI)
 TIPO DI INDAGINE:
 Indagine approfondimento Sarego - a monte zona elevata
 contaminazione



PIEZOMETRO DI MONTECCHIO MAGGIORE, VALDIMOLINO (VI)
 TIPO DI INDAGINE:
 Indagine approfondimento Valdimolino



PIEZOMETRO DI VICENZA (VI)
 TIPO DI INDAGINE:
 Indagine approfondimento Vicenza, a Nordest del Plume



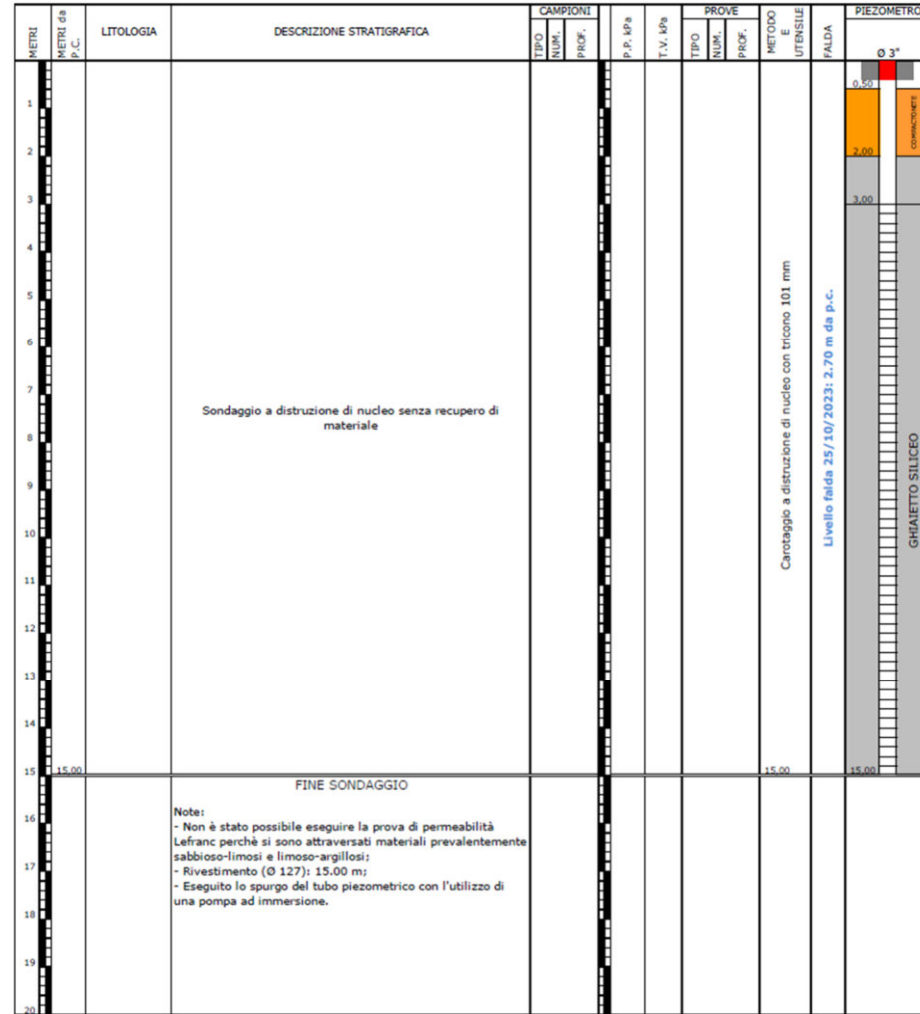
PIEZOMETRO DI VICENZA (VI)

TIPO DI INDAGINE:

Indagine sostituzione RS PFAS 16, non più campionabile

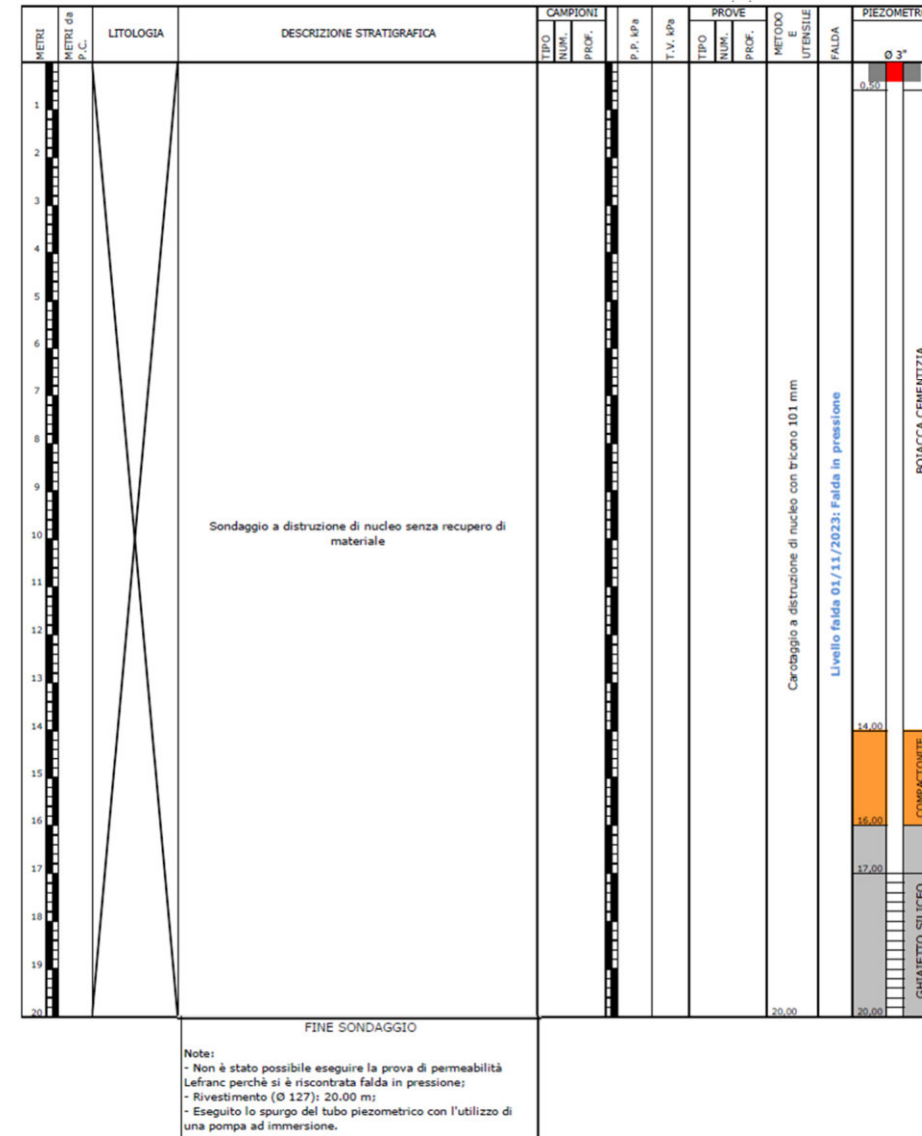
ALLEGATO A-2

STRATIGRAFIE DEI PIEZOMETRI



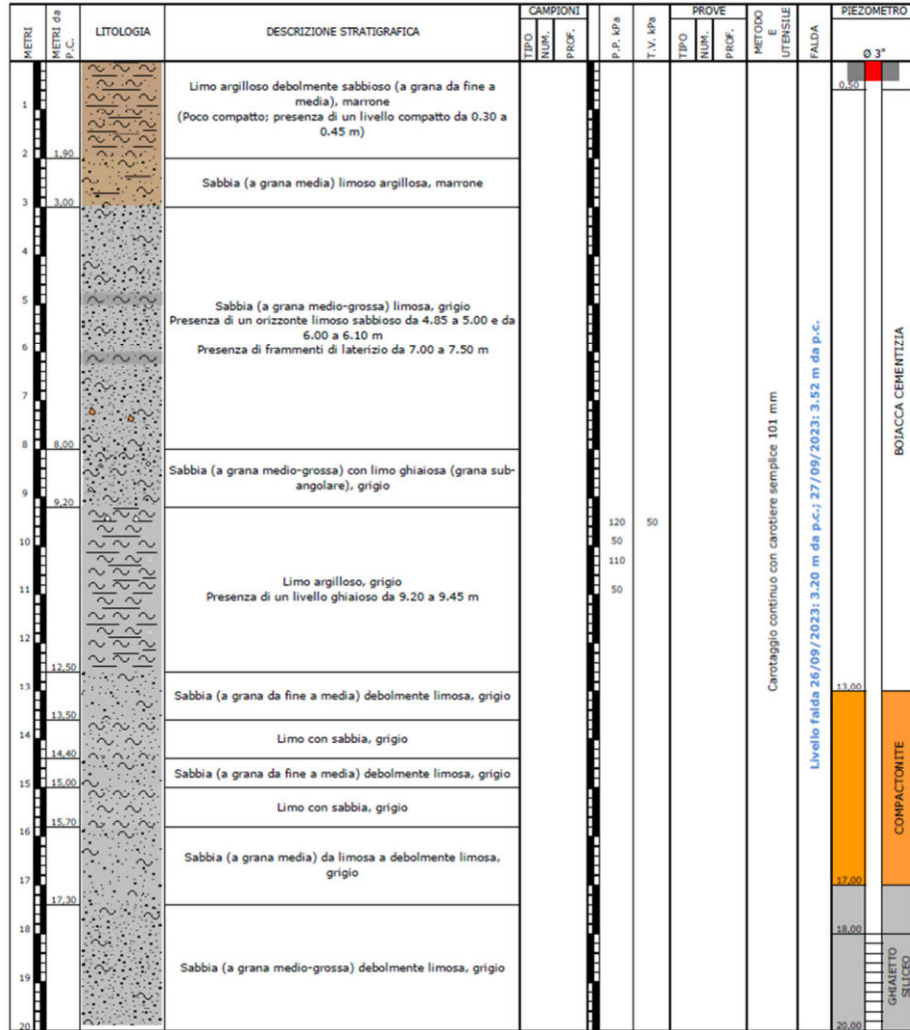
0 – 20 m

PZ01
Profondità: 15,00 m Rivestimento (Ø 152 mm): 15,00 m Esecuzione: 20-25/10/23

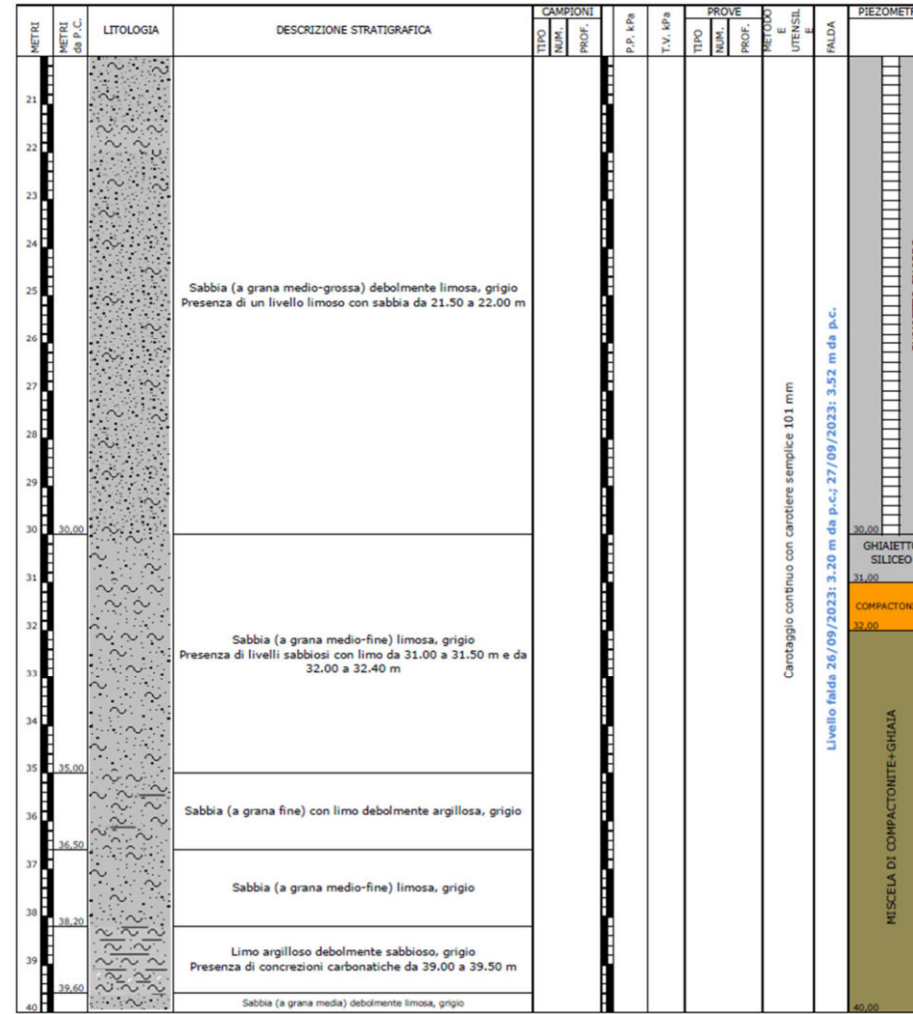


0 – 20 m

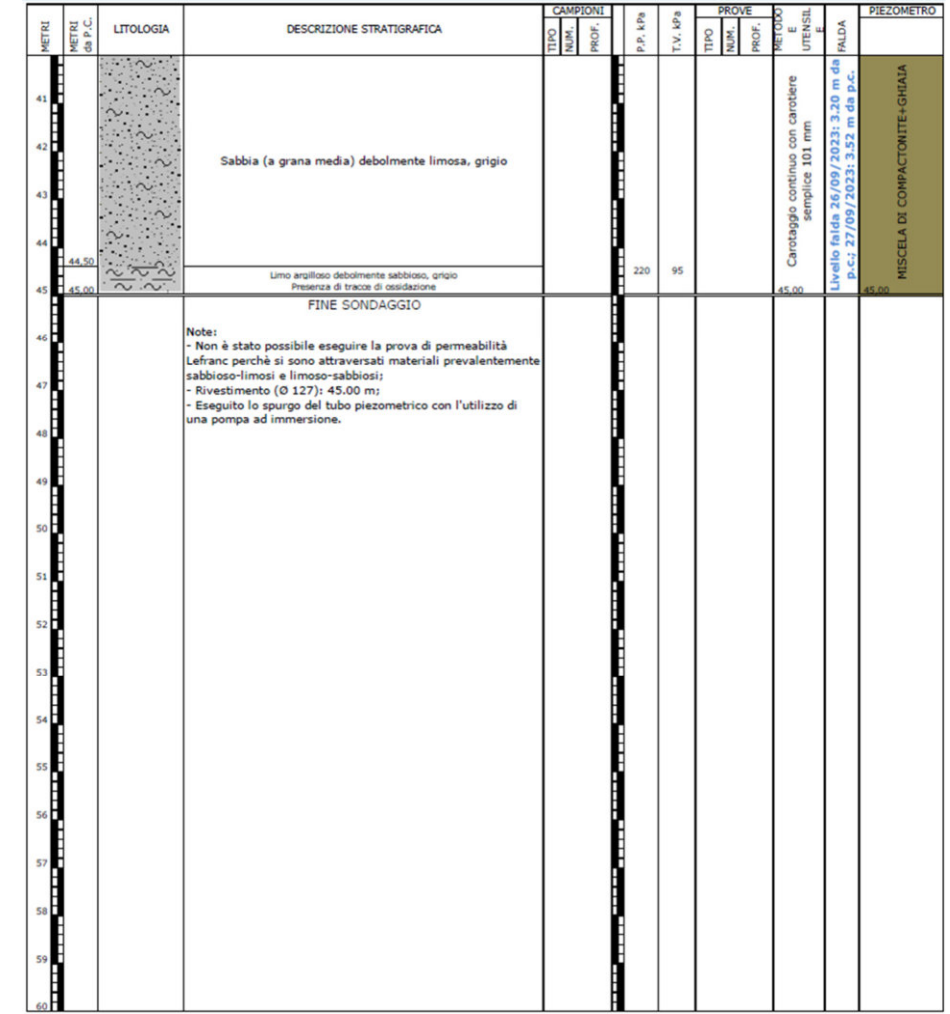
PZ02
Profondità: 20,00 m Rivestimento (Ø 152 mm): 20,00 m Esecuzione: 31/10-02/11/2023



0 – 20 m



20 – 40 m

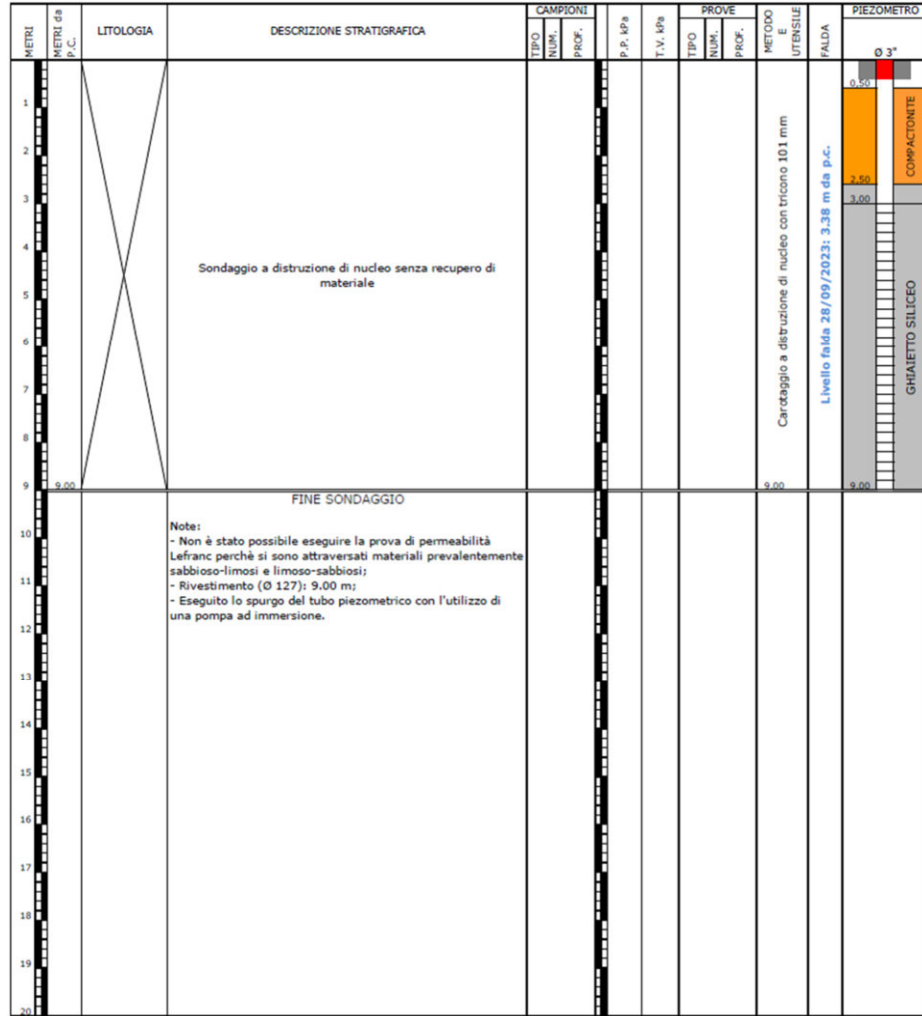


40 – 60 m

PZ04

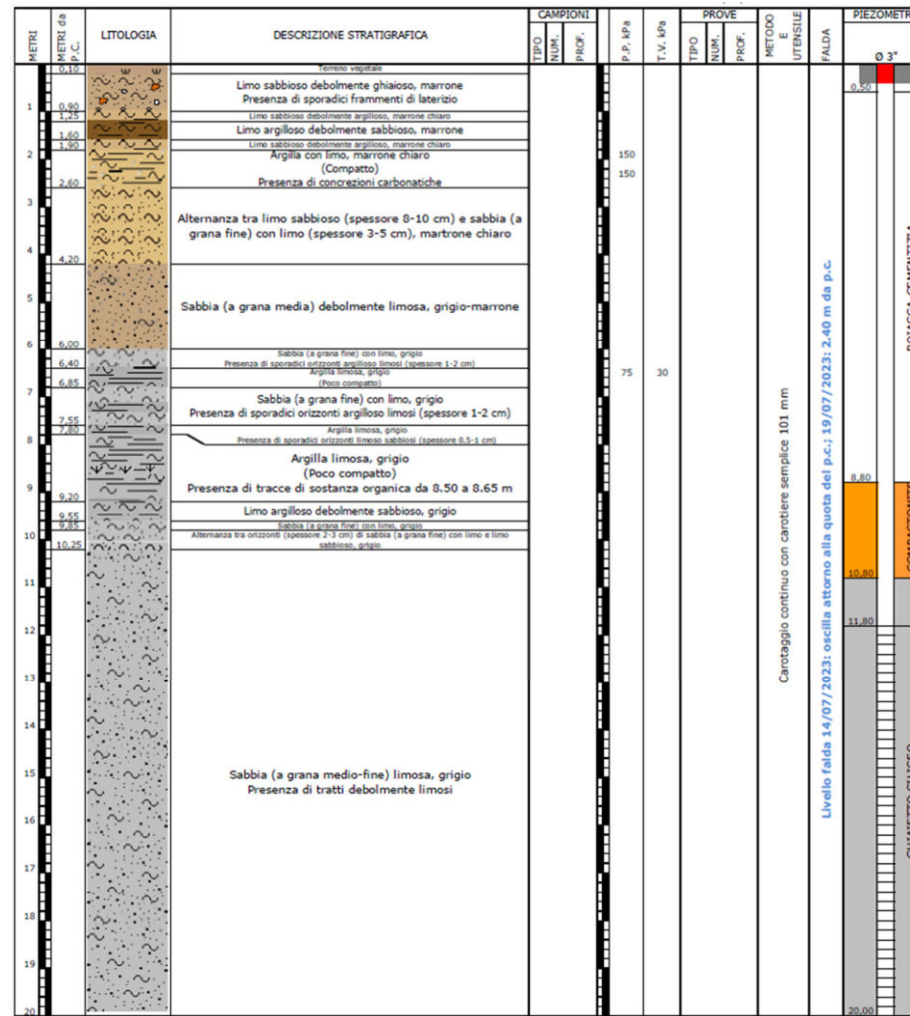
Profondità: 45,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 30,00 m

Esecuzione: 20-28/09/2023



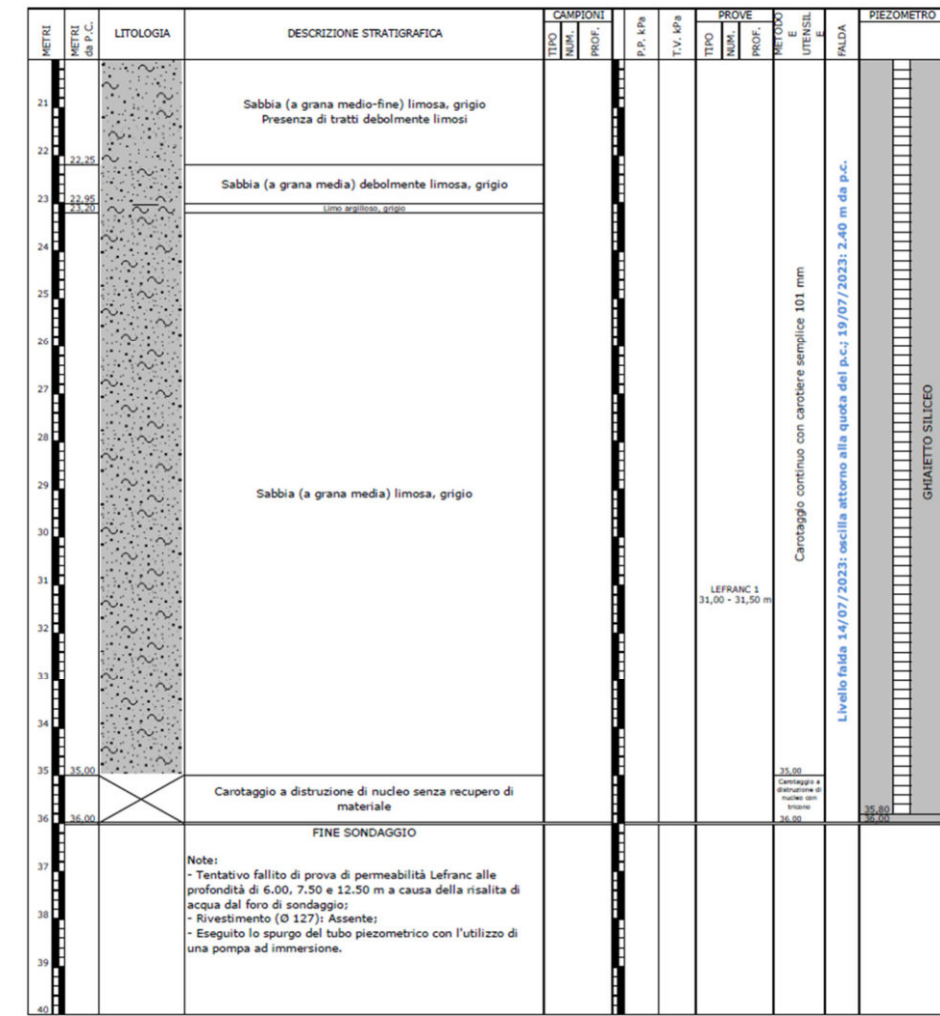
0 – 20 m

PZ05
 Profondità: 9,00 m
 Rivestimento (Ø 152 mm): 9,00 m
 Esecuzione: 27-28/09/2023

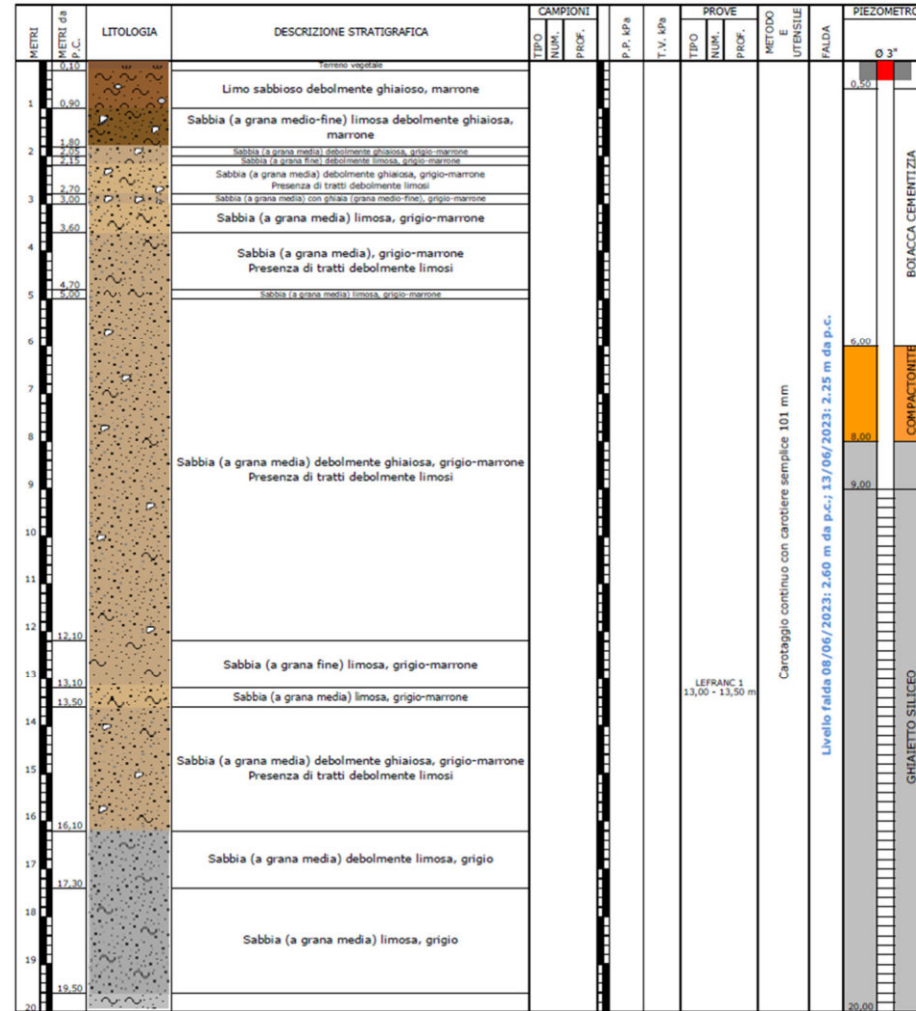


0 – 20 m

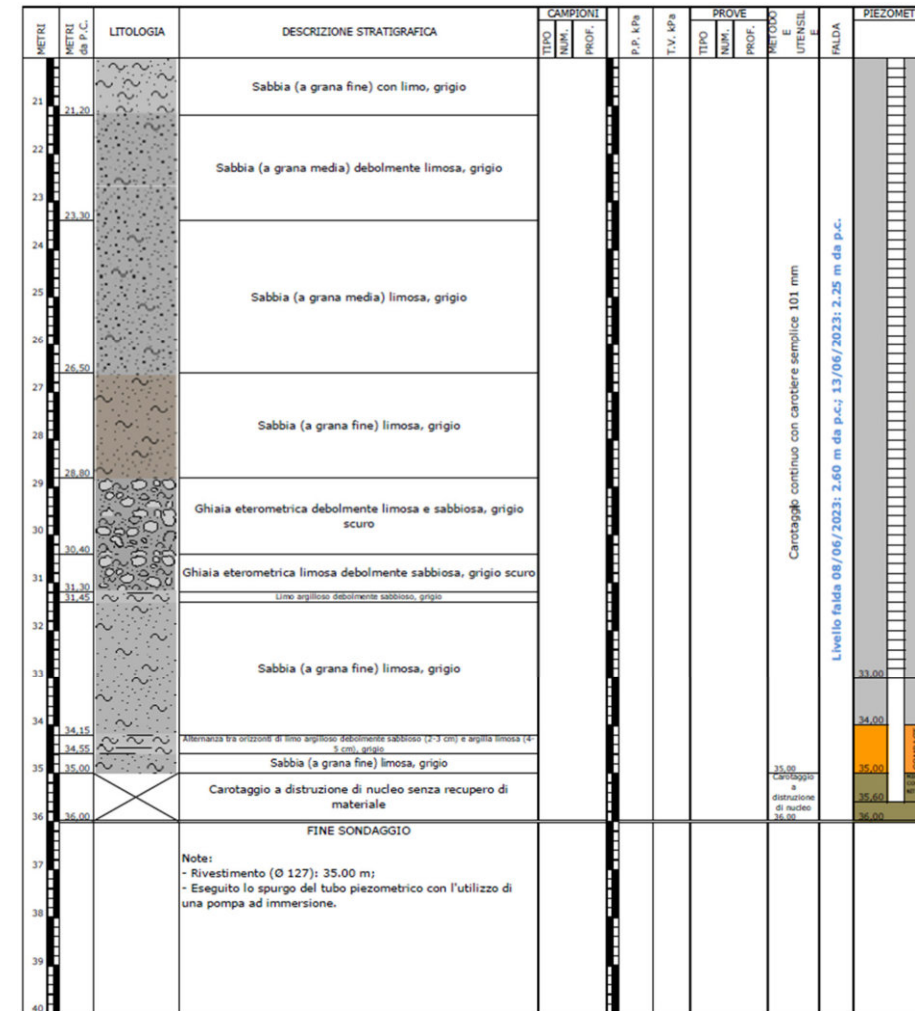
PZ07
 Profondità: 36,00 m
 Rivestimento (Ø 152 mm): 36,00 m
 Esecuzione: 13-19/06/2023



20 – 40 m



0 – 20 m

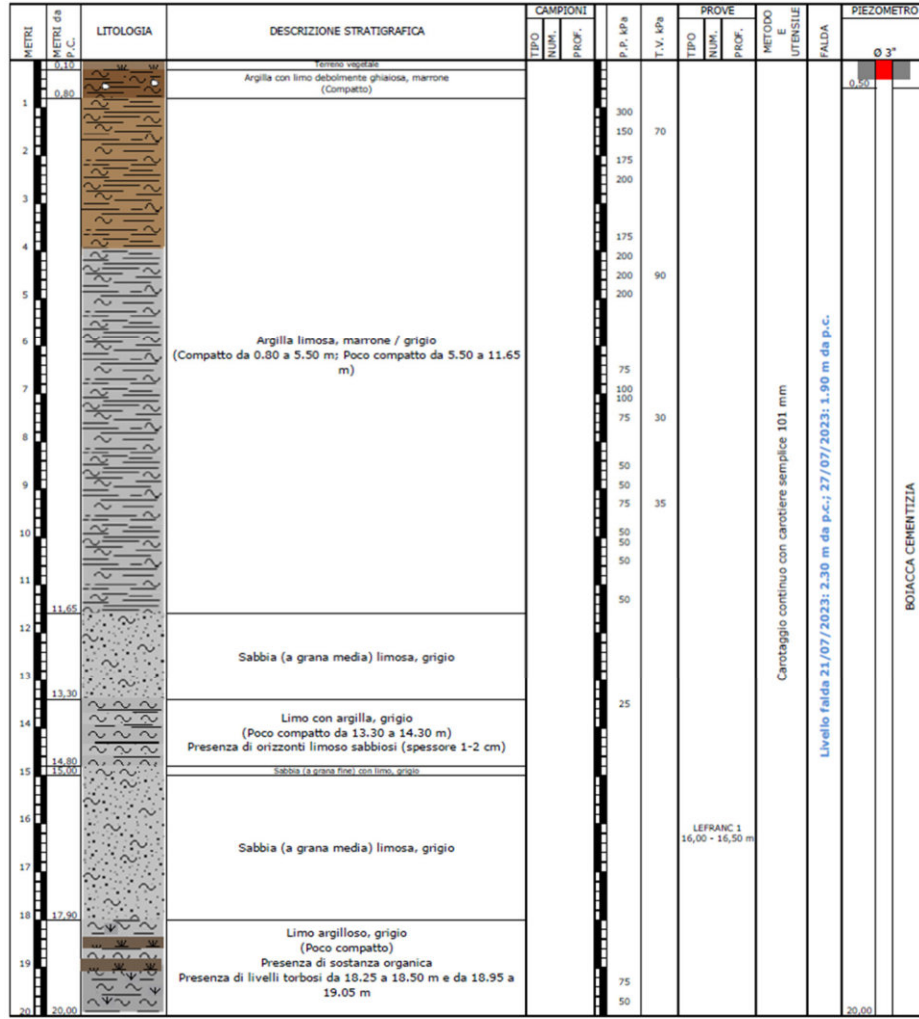


20 – 40 m

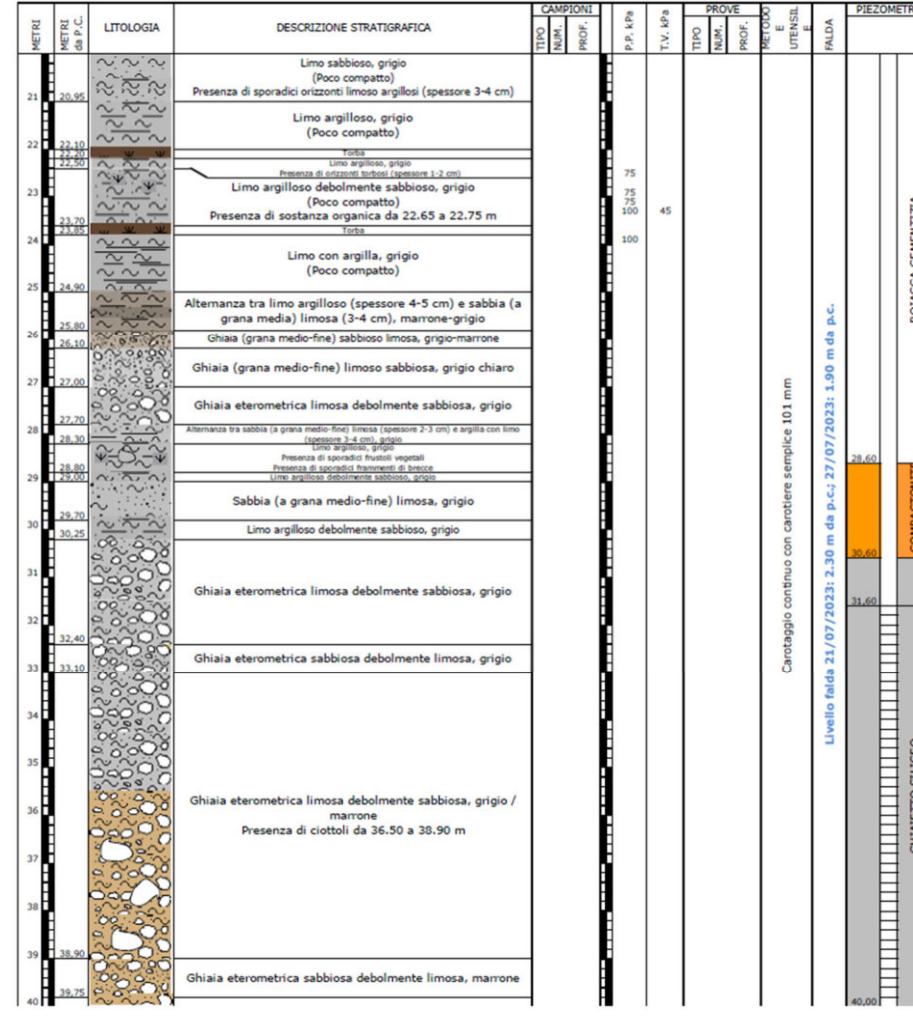
PZ10

Profondità: 36,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 36,00 m

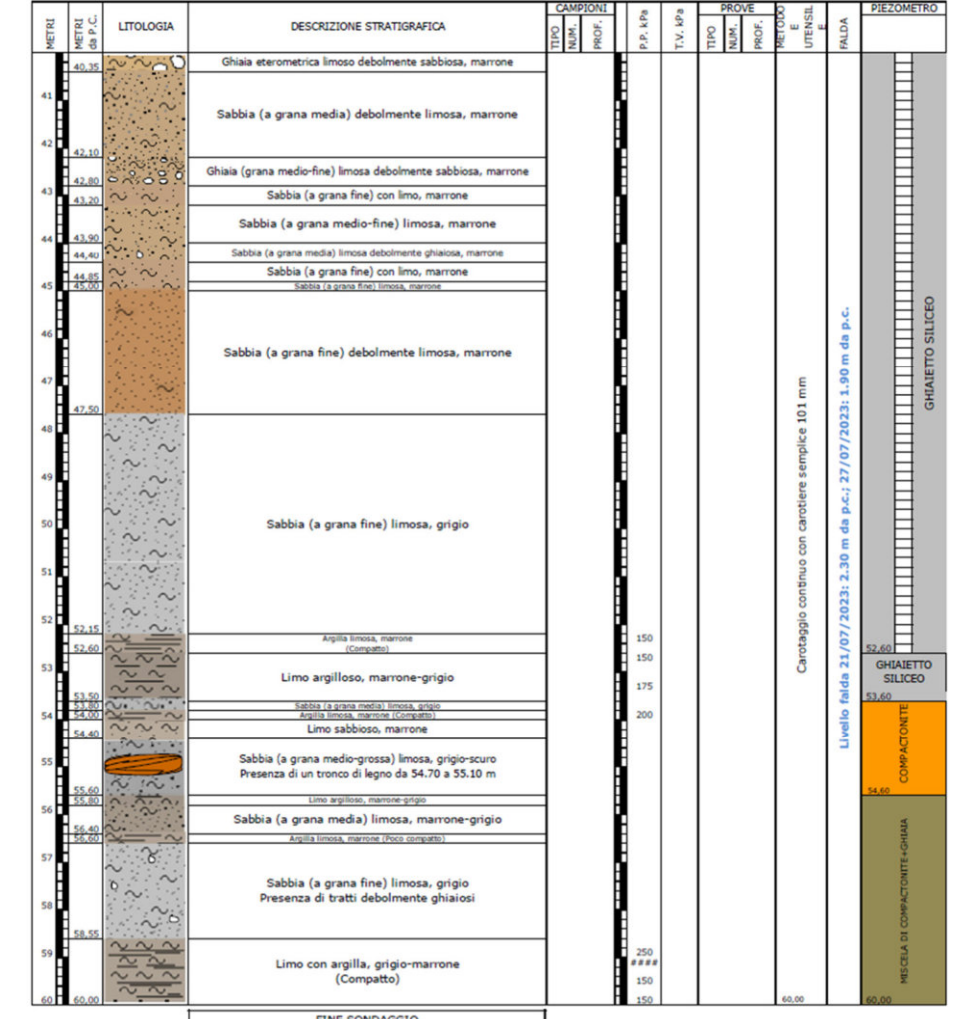
Esecuzione: 07-13/06/2023



0 – 20 m



20 – 40 m



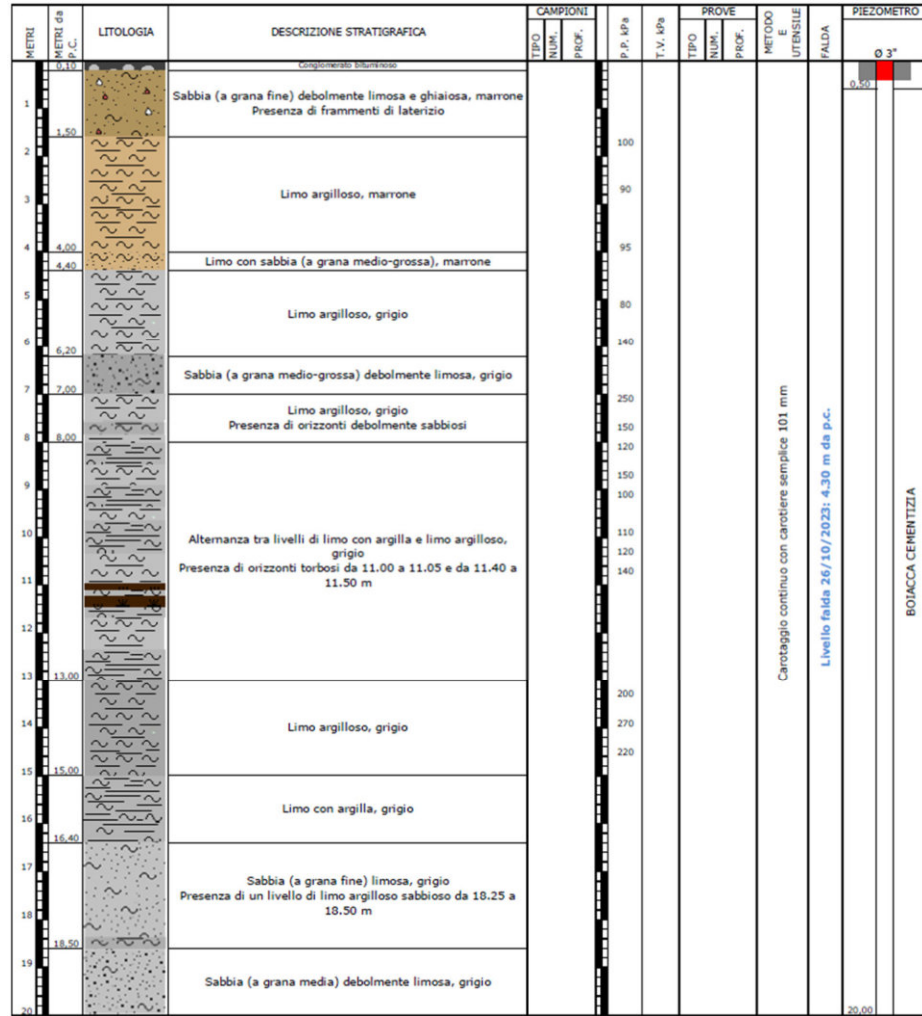
40 – 60 m

Note:
 - Rivestimento (Ø 127): 58,50 m;
 - Eseguito lo spurgo del tubo piezometrico con l'utilizzo di una pompa ad immersione.

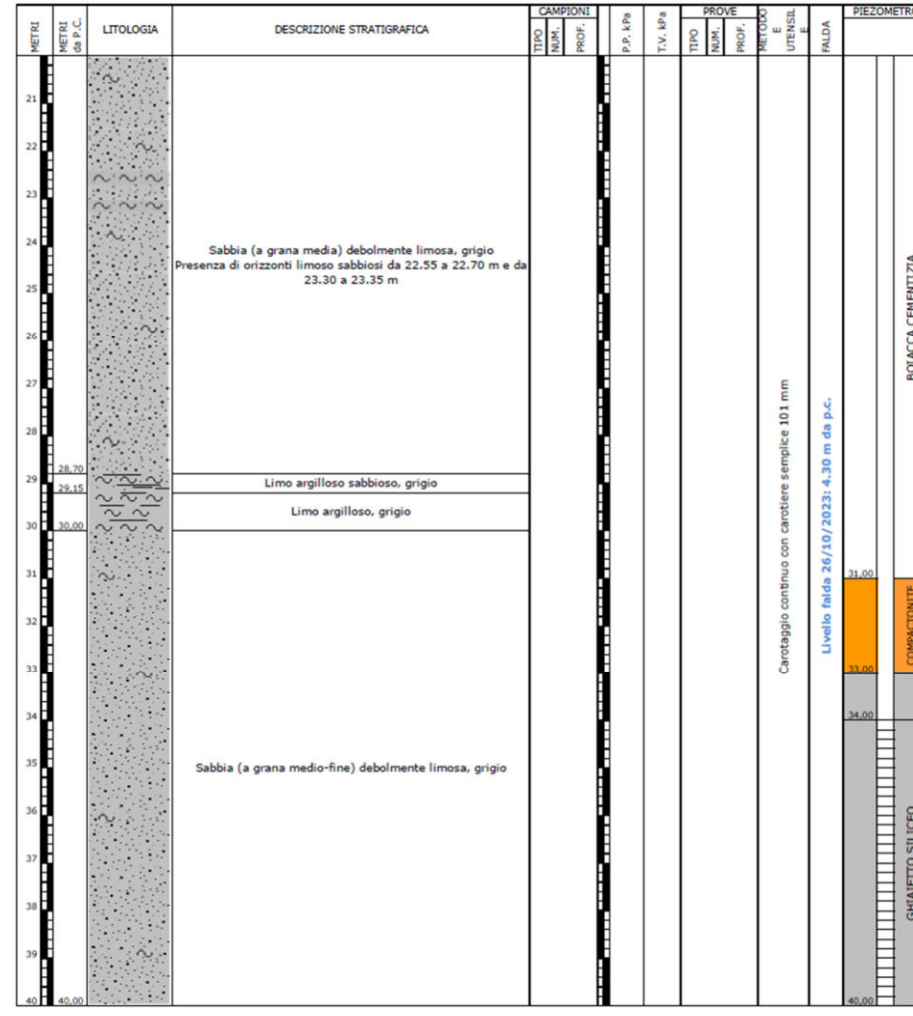
Profondità: 60,00 m
 Rivestimento (Ø 152 mm): 53,00 m

PZ11

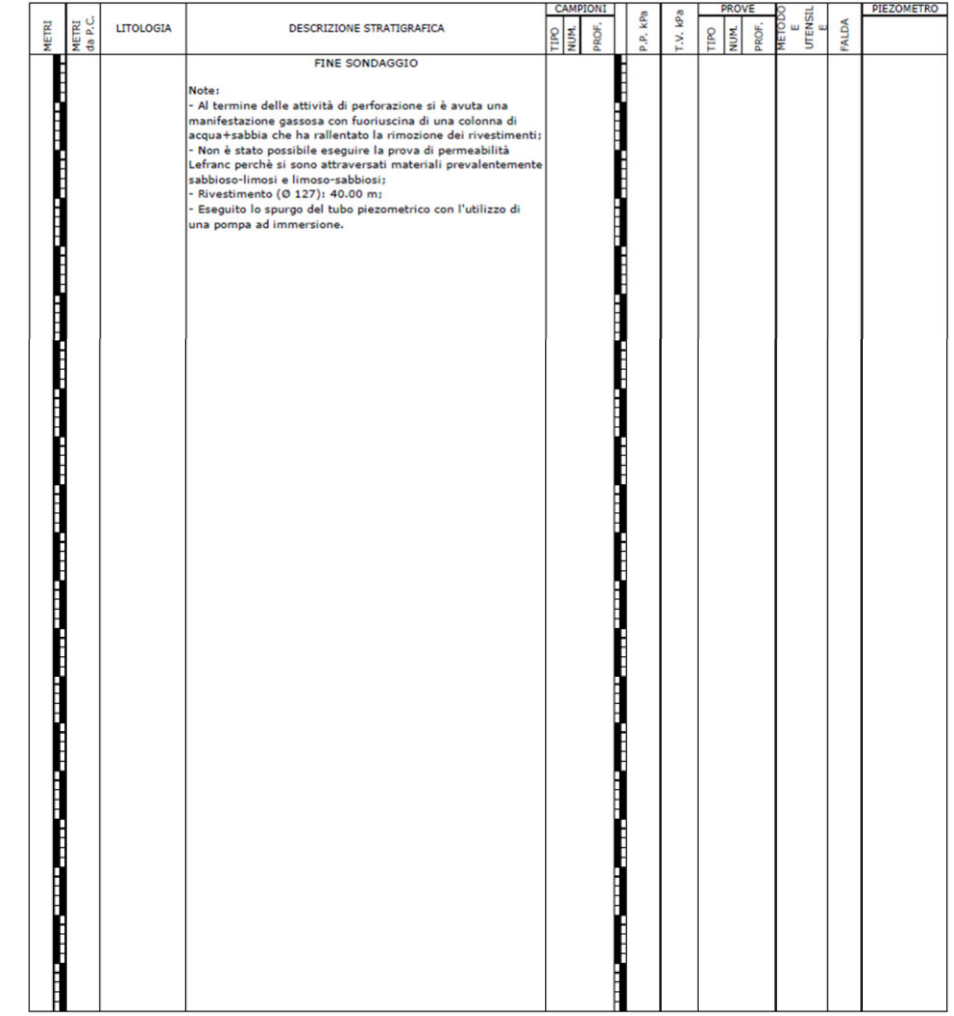
Esecuzione: 20-27/07/2023



0 – 20 m



20 – 40 m



40 – 60 m

PZ12bis

Profondità: 40,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 40,00 m

Esecuzione: 26/10-07/11/2023

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI		P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE		METODO UTENSIL	FALDA	PIEZOMETRO
				TIPO	PROF.			TIPO	PROF.			
	0,10		terreno vegetale									
1	1,00		Limo sabbioso debolmente ghiaioso, marrone scuro			150						
	1,40		Limo argilloso, marrone (Poco compatto)									
2			Limo sabbioso, marrone Presenza di tratti debolmente ghiaiosi									
3	3,00		Argilla limosa, marrone / grigio Presenza di sporadiche tracce di sostanza organica			125 150	60					
	4,20		Argilla con limo, grigio (Poco compatto)			100						
	4,50		Argilla limosa, grigio (Compatto)			150 125 150	70					
6			Argilla limosa, grigio (Compatto)			150 125						
7	7,10		Argilla con limo, grigio (Poco compatto)			125 150						
8	8,20		Argilla limosa, grigio (Compatto)			50 75 100 125	55					
9			Argilla limosa, grigio (Compatto)			100 100 100						
11	10,70		Sabbia (a grana fine) con limo, grigio			100 100						
13	12,55		Argilla limosa, grigio chiaro (Poco compatto) Presenza di tracce di sostanza organica (grigio scuro) da 16,95 a 17,50 m			50 50 50						
18	17,50		Limo sabbioso debolmente argilloso, grigio (Poco compatto) Presenza di tracce di sostanza organica (grigio scuro)			50 75 100						
19	19,00		Alternanza (spessore 5-10 cm) tra argilla limosa e sabbia (a grana fine) con limo, grigio-marrone / grigio Presenza di tracce di sostanza organica (grigio scuro) tra 17,90 e 18,50 m									
20	19,70		Alternanza tra argilla limosa e orizzonti di sabbia limosa (spessore 1-2 cm), grigio									

0 – 20 m

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI		P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE		METODO UTENSIL	FALDA	PIEZOMETRO
				TIPO	PROF.			TIPO	PROF.			
21	20,80		Argilla limosa, grigio chiaro (Poco compatto)			25						
22	21,70		Limo argilloso, marrone-grigio scuro (Poco compatto) Presenza di tracce di sostanza organica (grigio scuro)			75						
23	23,10		Limo argilloso, grigio / marrone-grigio scuro (Poco compatto) Presenza di tracce di sostanza organica			50						
24	23,30		Limo argilloso, marrone-grigio scuro (Poco compatto) Presenza di tracce di sostanza organica			75 35						
25	24,30		Limo argilloso, marrone-grigio (Poco compatto)			50						
26	25,50		Argilla limosa, marrone-grigio (Poco compatto)			75						
27	26,10		Alternanza (spessore 3-4 cm) tra limo argilloso e sabbia (a grana fine) limosa, marrone-grigio			25						
28	27,10		Argilla limosa, grigio-marrone (Poco compatto) Limo argilloso, marrone-grigio Presenza di sporadici orizzonti sabbiosi (spessore 1-2 cm)			125 100 100 100 100 100 100						
29			Argilla limosa, marrone-grigio / grigio-marrone (Poco compatto)			100 100 100 100 100						
31	31,15		Limo sabbioso, grigio-marrone			50,00						
32	31,40		Argilla limosa, grigio-marrone Presenza di un orizzonte debolmente ghiaioso da 32,10 a 32,50 m (Poco compatto)			75						
33	32,70		Sabbia (a grana fine) con limo, grigio			75						
34	34,20		Argilla limosa, grigio-marrone (Poco compatto)			75						
35	34,80		Limo sabbioso debolmente argilloso, grigio-marrone			75 75						
36			Argilla limosa, grigio-marrone / marrone (Poco compatto)			30 50 50 50						
37			Limo argilloso debolmente sabbioso, marrone (Poco compatto)			75 75						
39	39,80		Limo argilloso debolmente sabbioso, marrone (Poco compatto)			125						

20 – 40 m

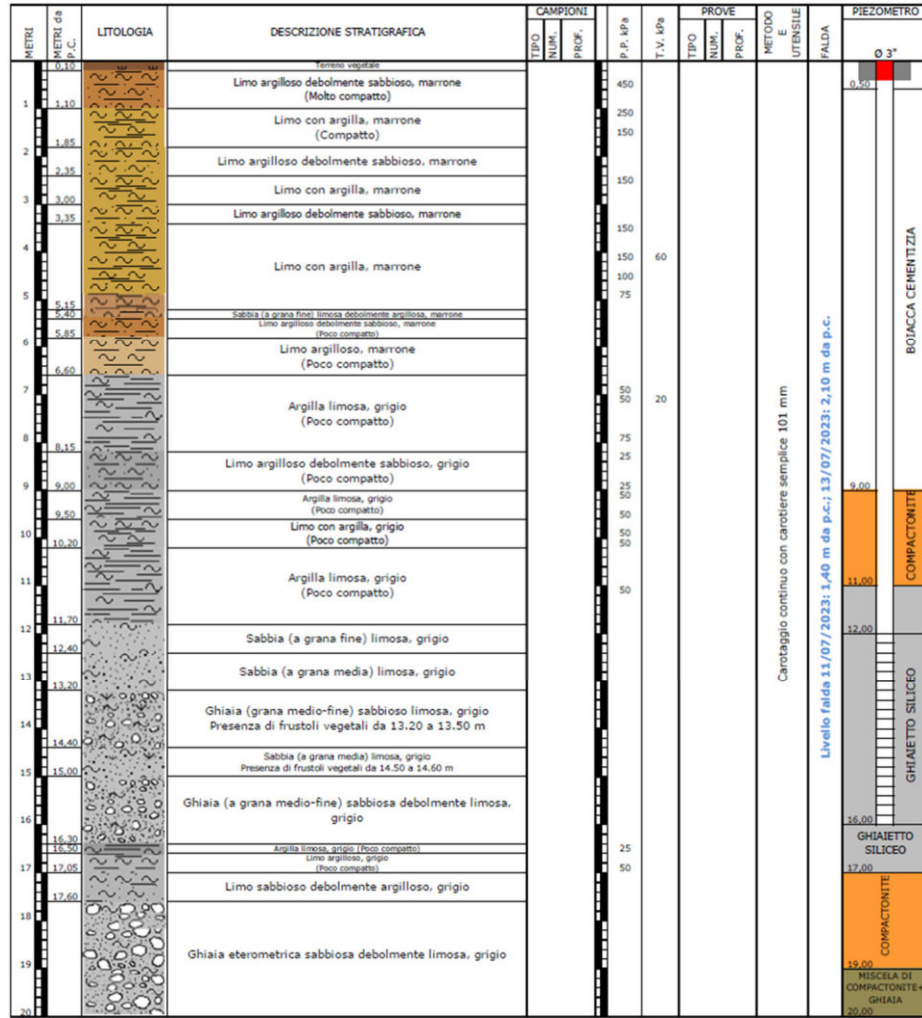
METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI		P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE		METODO UTENSIL	FALDA	PIEZOMETRO
				TIPO	PROF.			TIPO	PROF.			
41	40,30		Limo con argilla, grigio-marrone (Compatto)									
42	41,00		Limo argilloso debolmente sabbioso, marrone (Poco compatto)									
43	41,60		Limo con argilla, marrone (Poco compatto)									
44	42,40		Limo sabbioso, marrone (Poco compatto)									
45	43,60		Sabbia (a grana media) limosa debolmente ghiaiosa, marrone									
46	43,80		Limo argilloso, marrone (Poco compatto)									
47	44,80		Sabbia (a grana fine) con limo, marrone									
48	45,00		Alternanza tra sabbia (a grana fine) con limo (spessore 2 cm) e limo argilloso (spessore 2 cm), marrone									
49	46,00		Sabbia (a grana medio-grossa) limosa debolmente ghiaiosa, marrone									
50	47,10		Sabbia (a grana medio-fine) limosa, marrone									
51	48,00		Ghiaia eterometrica sabbiosa debolmente limosa, grigio-marrone									
52	49,15		Limo con argilla, marrone (Poco compatto)									
53	49,50		Ghiaia eterometrica limosa debolmente sabbiosa, marrone									
54	50,00		Argilla limosa, grigio scuro (Compatto)									
55	51,00		Carotaggio a distruzione di nucleo senza recupero di materiale									
56			FINE SONDAGGIO									
57			Note: - Come da accordi con la committenza, il sondaggio è stato spinto fino alla profondità di 51,00 m (a 30,00, come da piano indagine, non si era ancora riscontrato uno strato permeabile associato ad un possibile acquifero); - Non è stato possibile eseguire la prova di permeabilità Lefranc perché si è riscontrata falda in pressione; - Rivestimento (Ø 127): 51,00 m; - Eseguito lo spurgo del tubo piezometrico con l'utilizzo di una pompa ad immersione.									

40 – 60 m

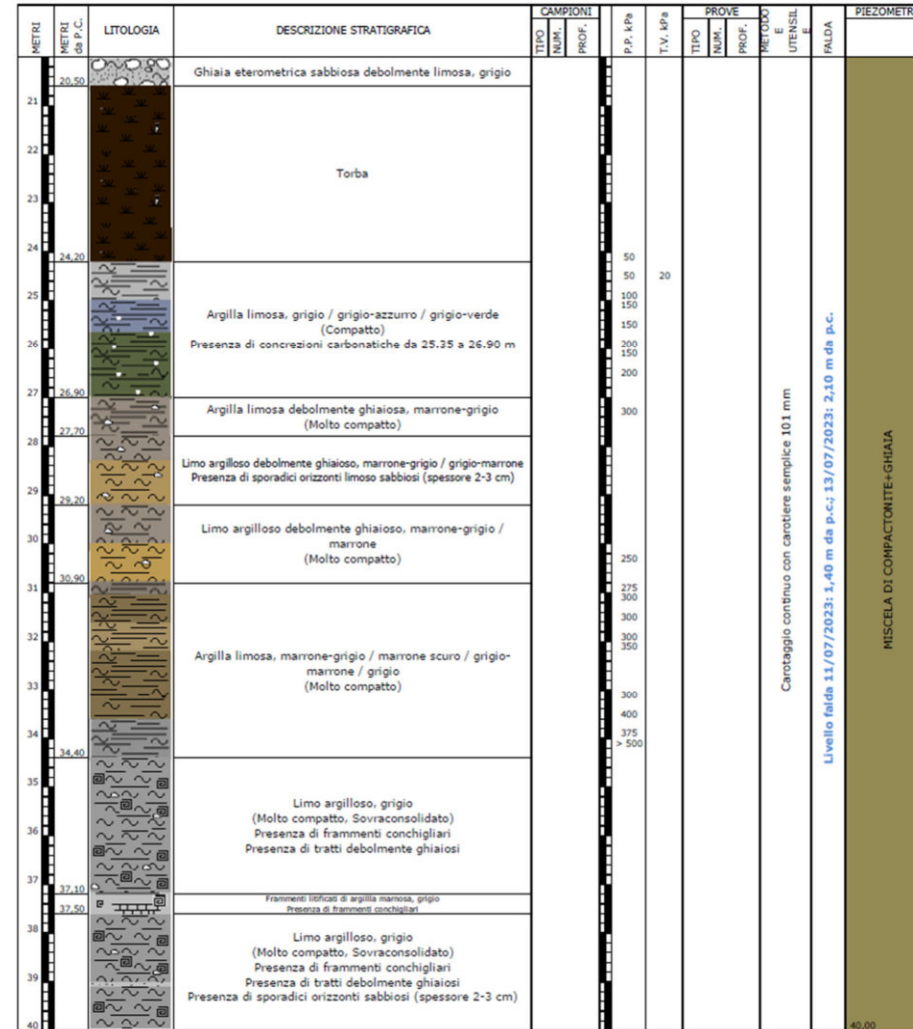
PZ13

Profondità: 51,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 51,00 m

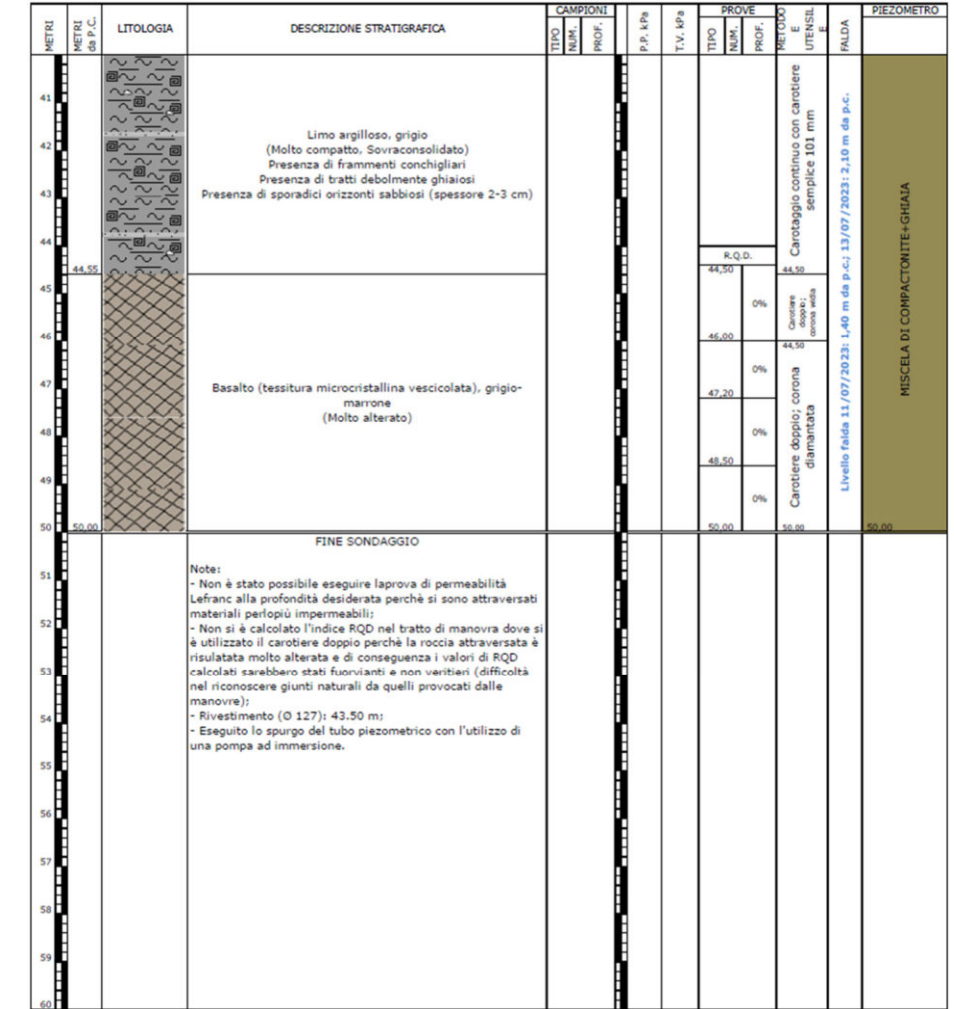
Esecuzione: 20-23/06/2023



0 – 20 m



20 – 40 m

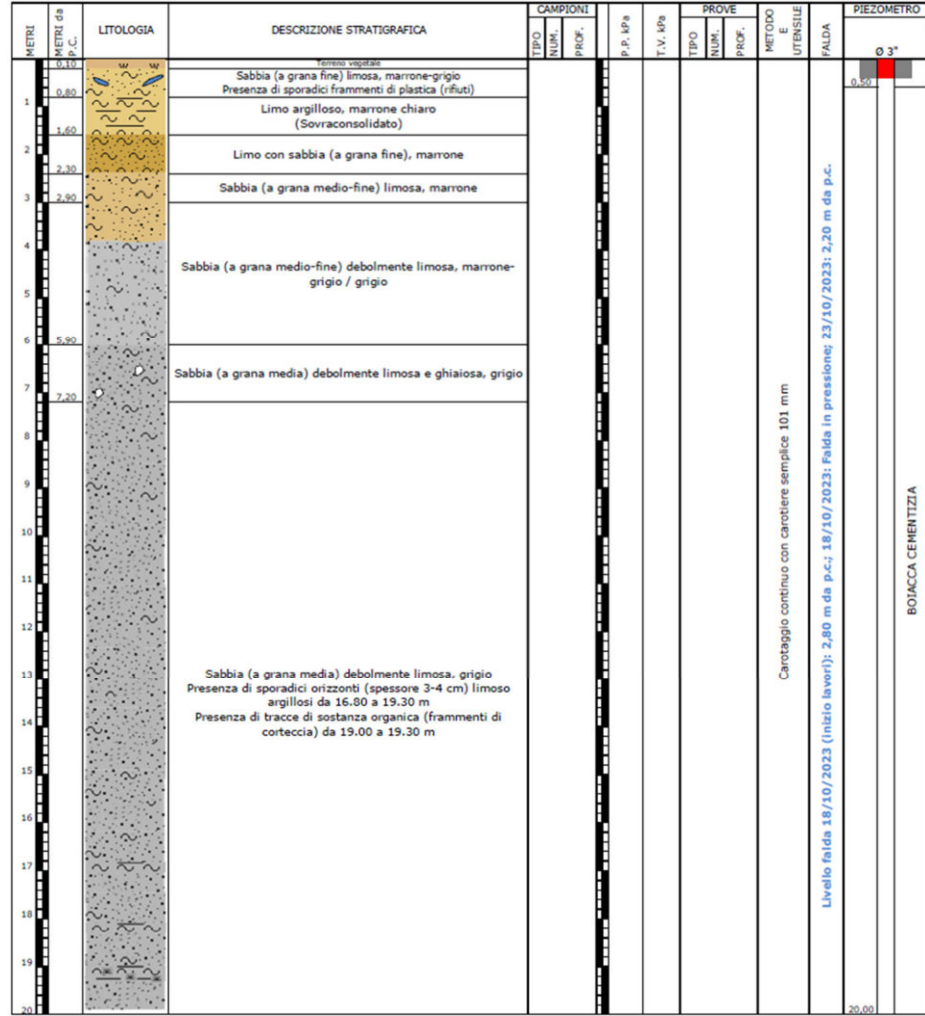


40 – 60 m

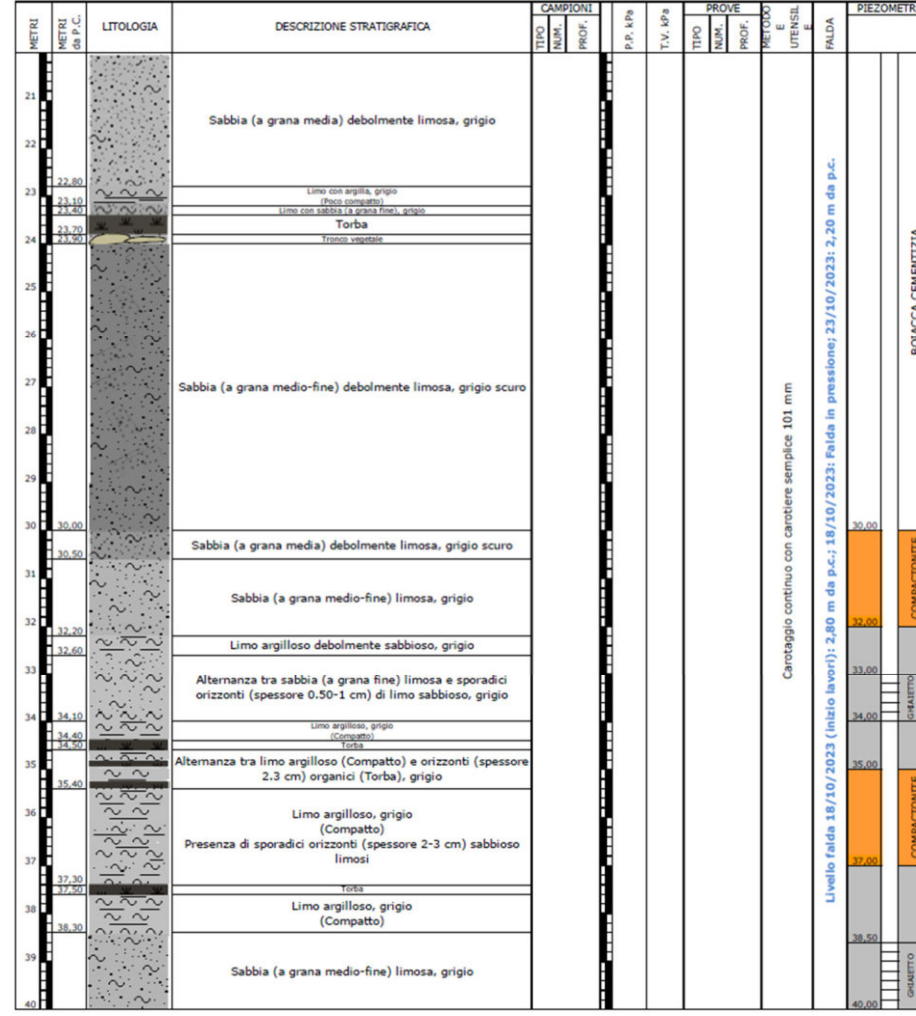
PZ14

Profondità: 50,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 16,50 m

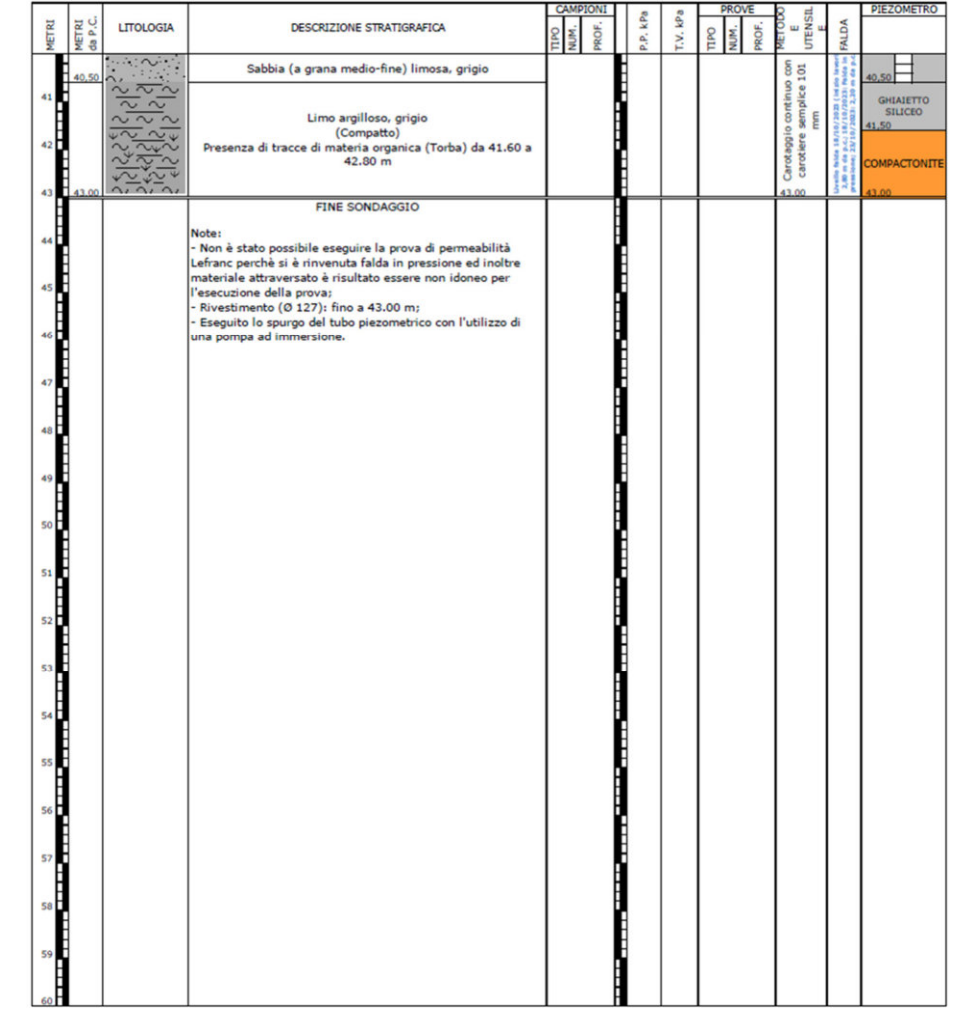
Esecuzione: 05-13/07/2023



0 – 20 m



20 – 40 m

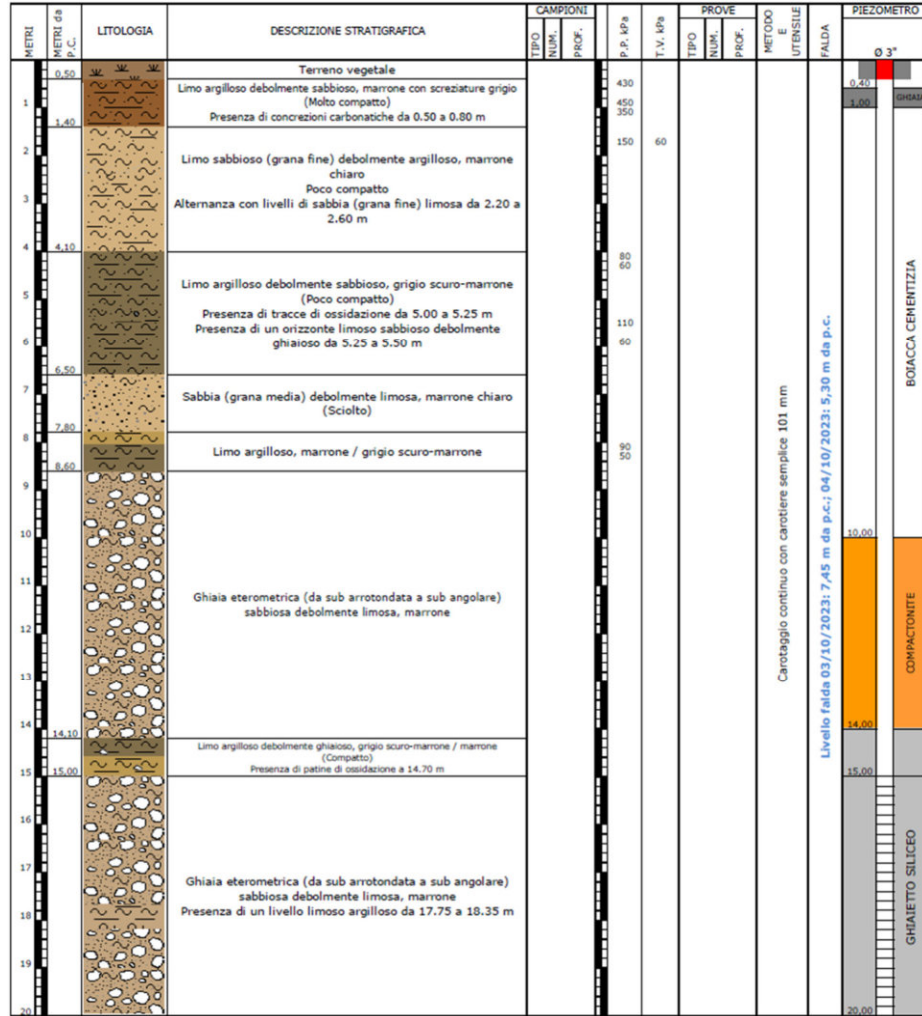


40 – 60 m

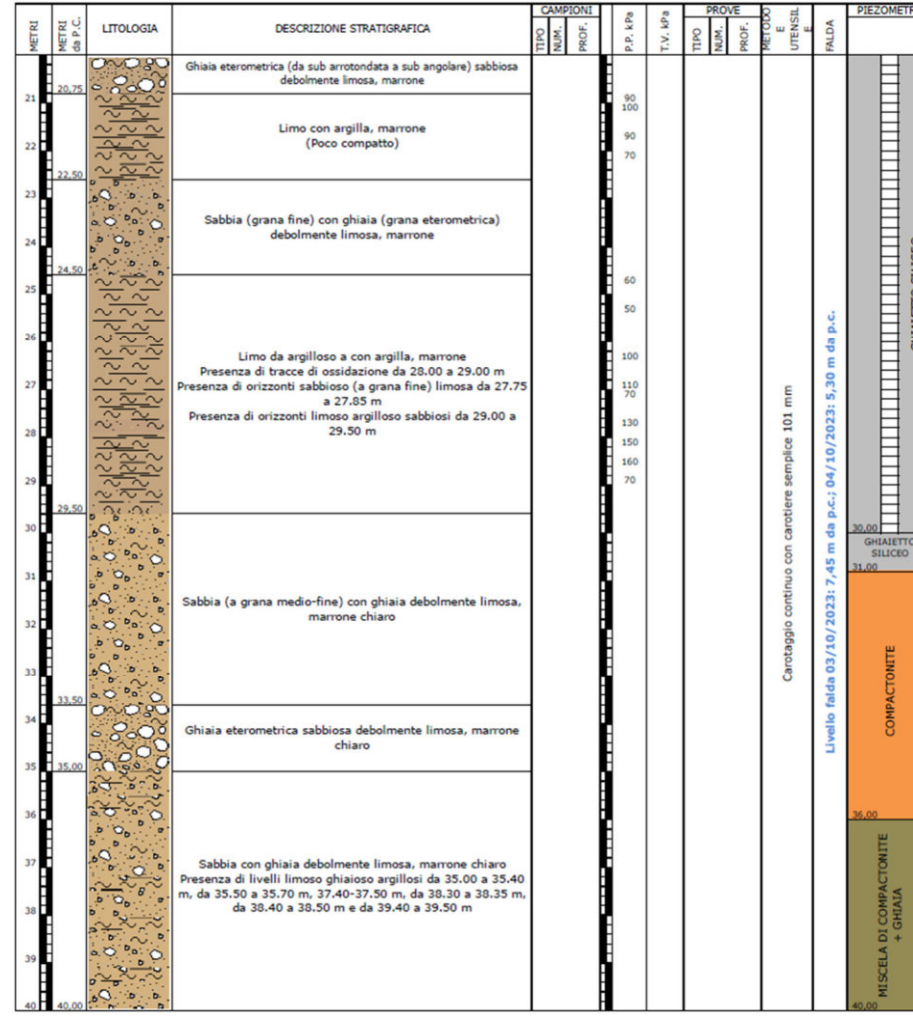
PZ15bis

Profondità: 43,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 41,00 m

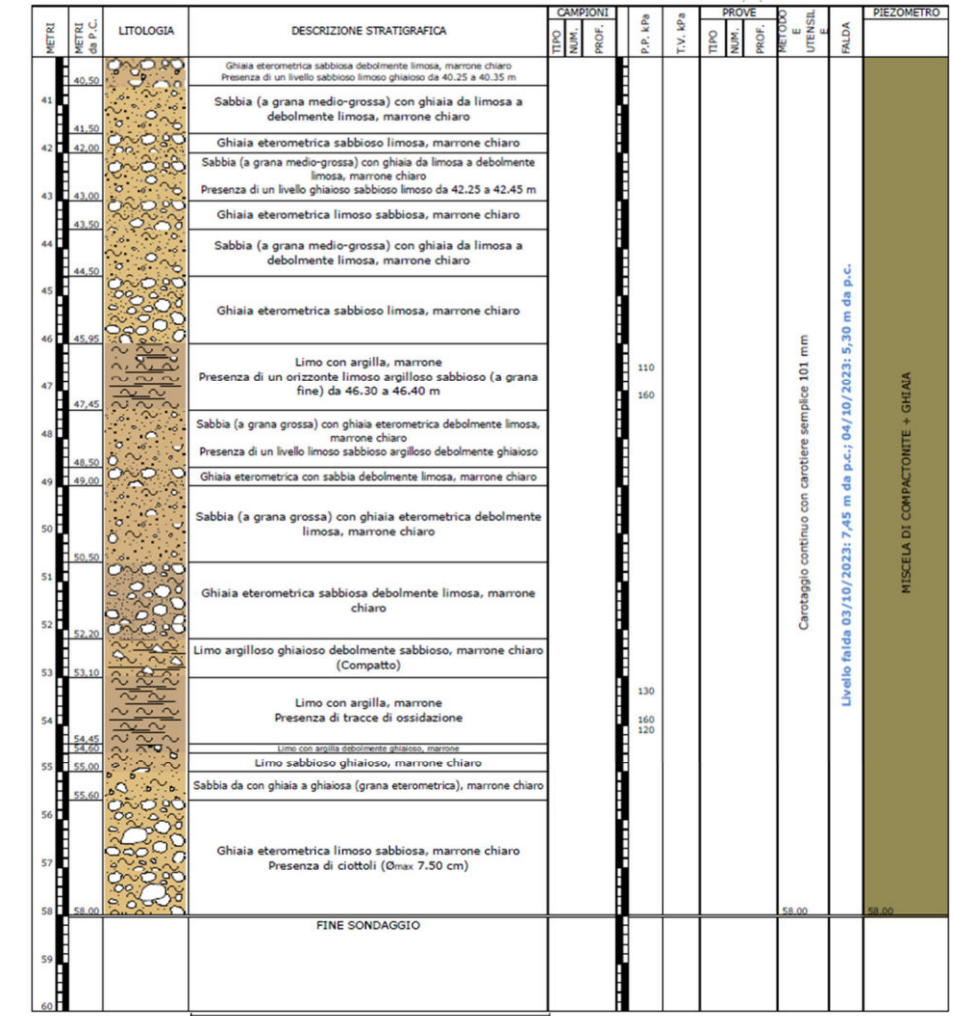
Esecuzione: 16-24/10/2023



0 – 20 m



20 – 40 m



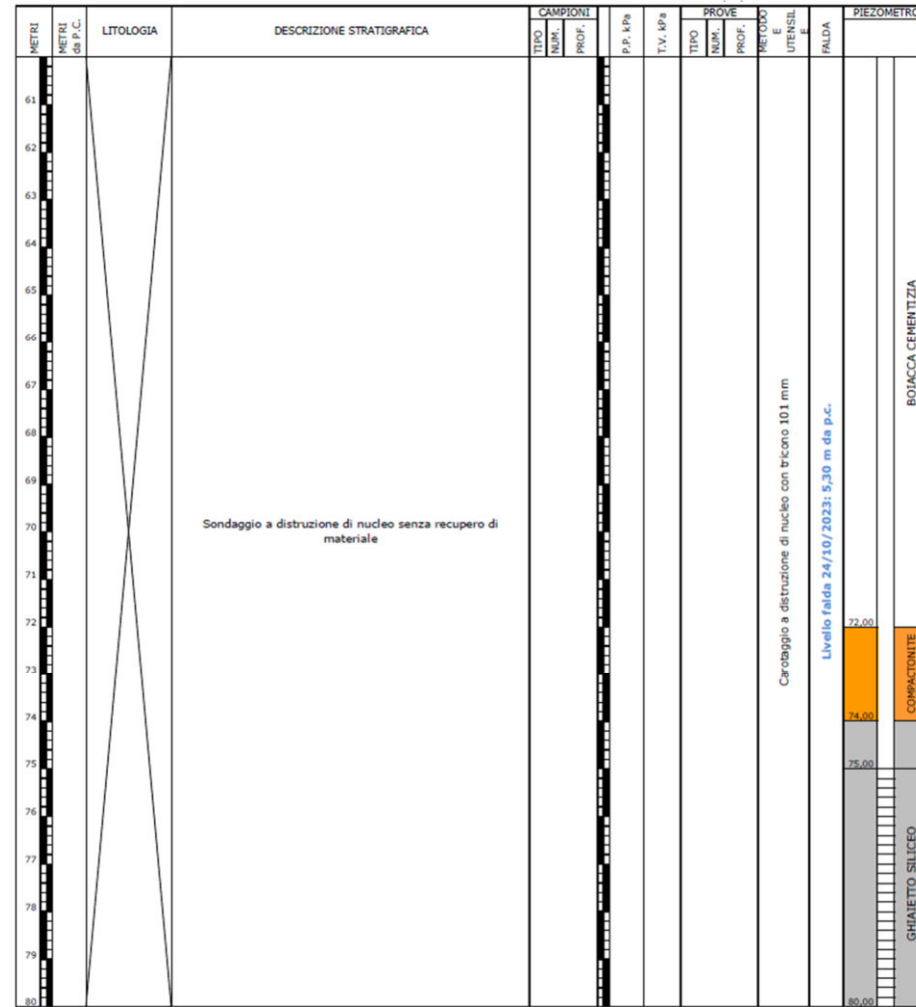
40 – 60 m

Note:
 - Non è stato possibile eseguire la prova di permeabilità Lefranc a 10.00-11.00 m perchè il materiale attraversato è altamente permeabile e non ha permesso una stabilizzazione del livello iniziale della tavola d'acqua;
 - Rivestimento (Ø 127): fino a 58.00 m;
 - Eseguito lo spurgo del tubo piezometrico con l'utilizzo di una pompa ad immersione.

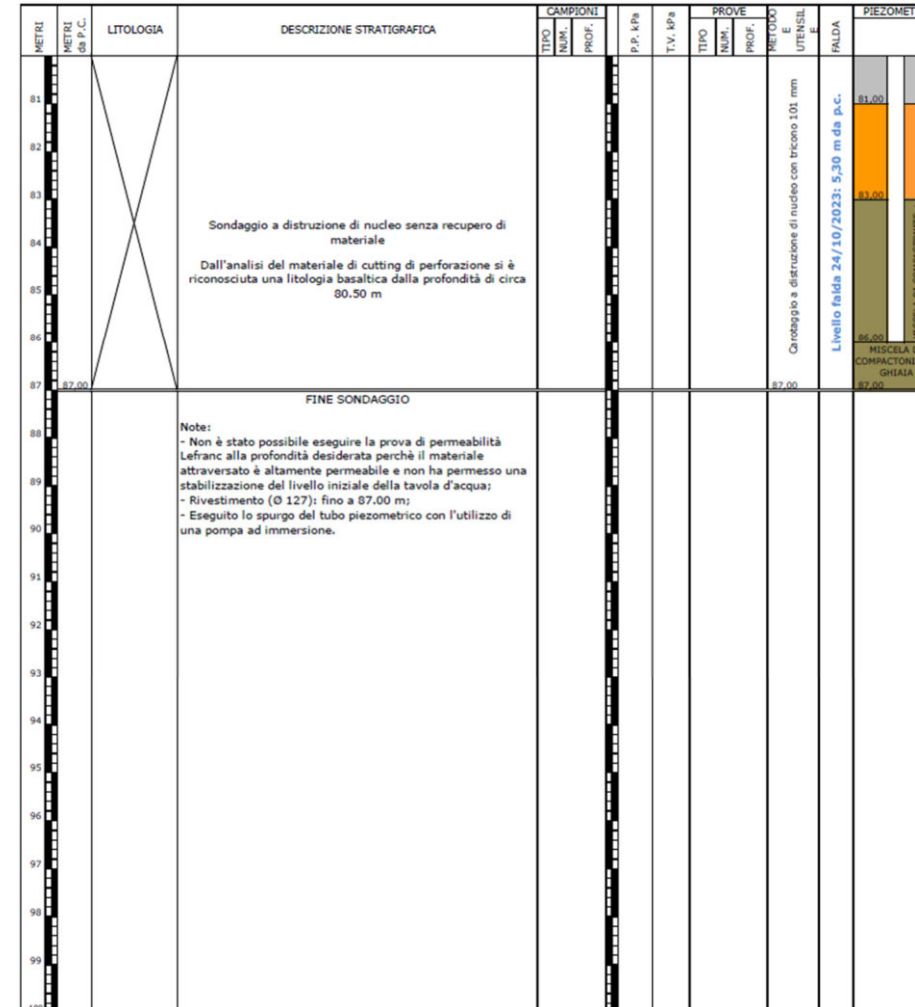
PZ16

Profondità: 58,00 m
 Rivestimento (Ø 152 mm): 33,00 m

Esecuzione: 02-26/10/2023



60 – 80 m

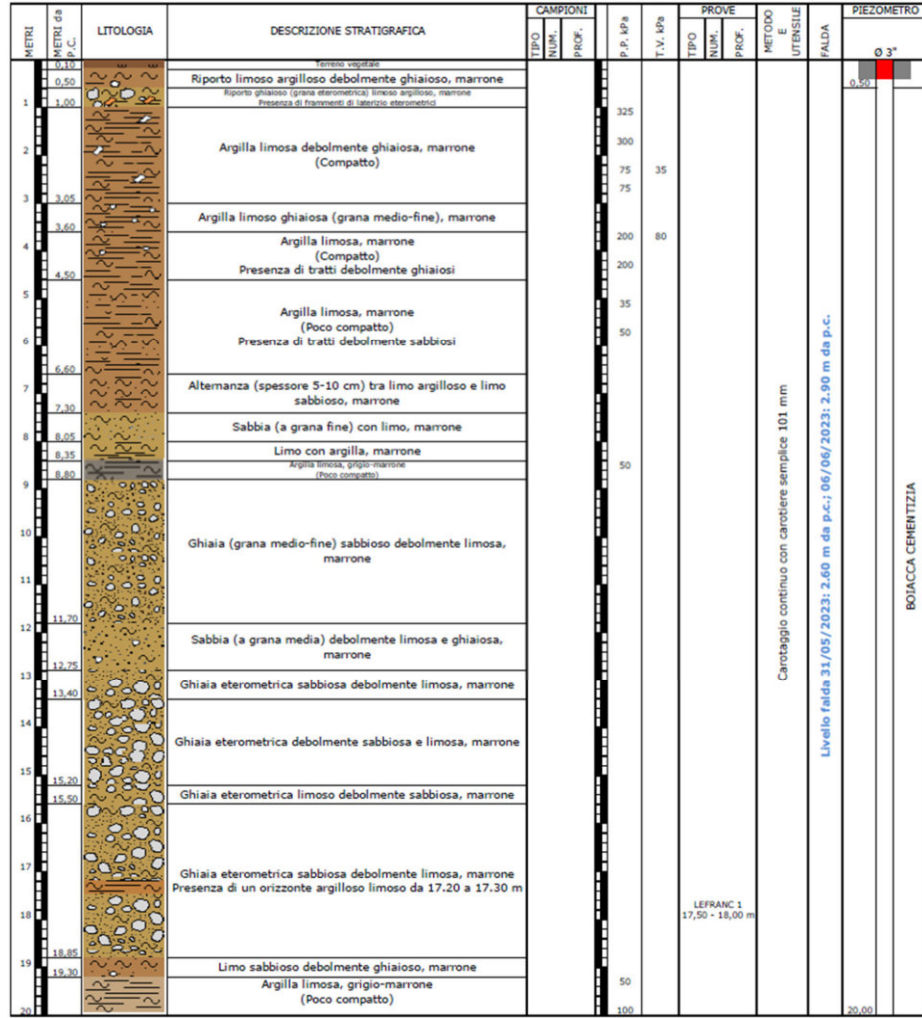


80 – 100 m

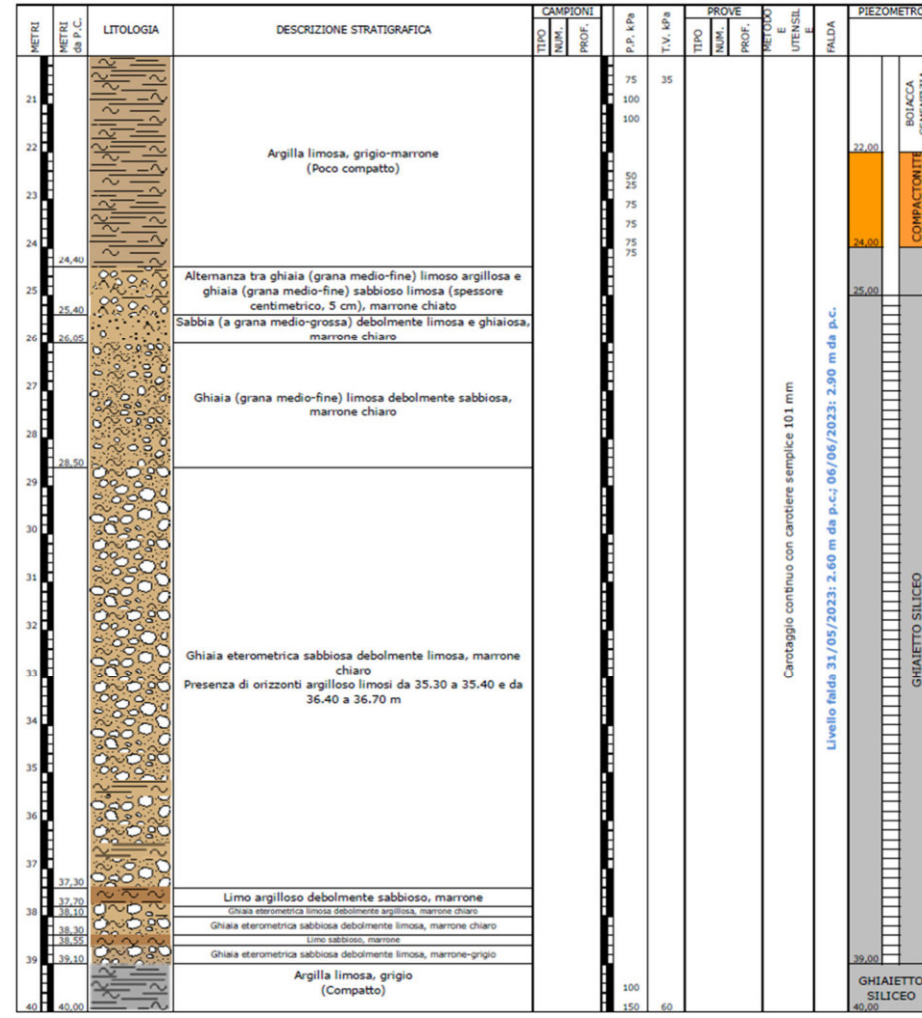
PZ17

Profondità: 87,00 m
 Rivestimento (Ø 152 mm): 87,00 m

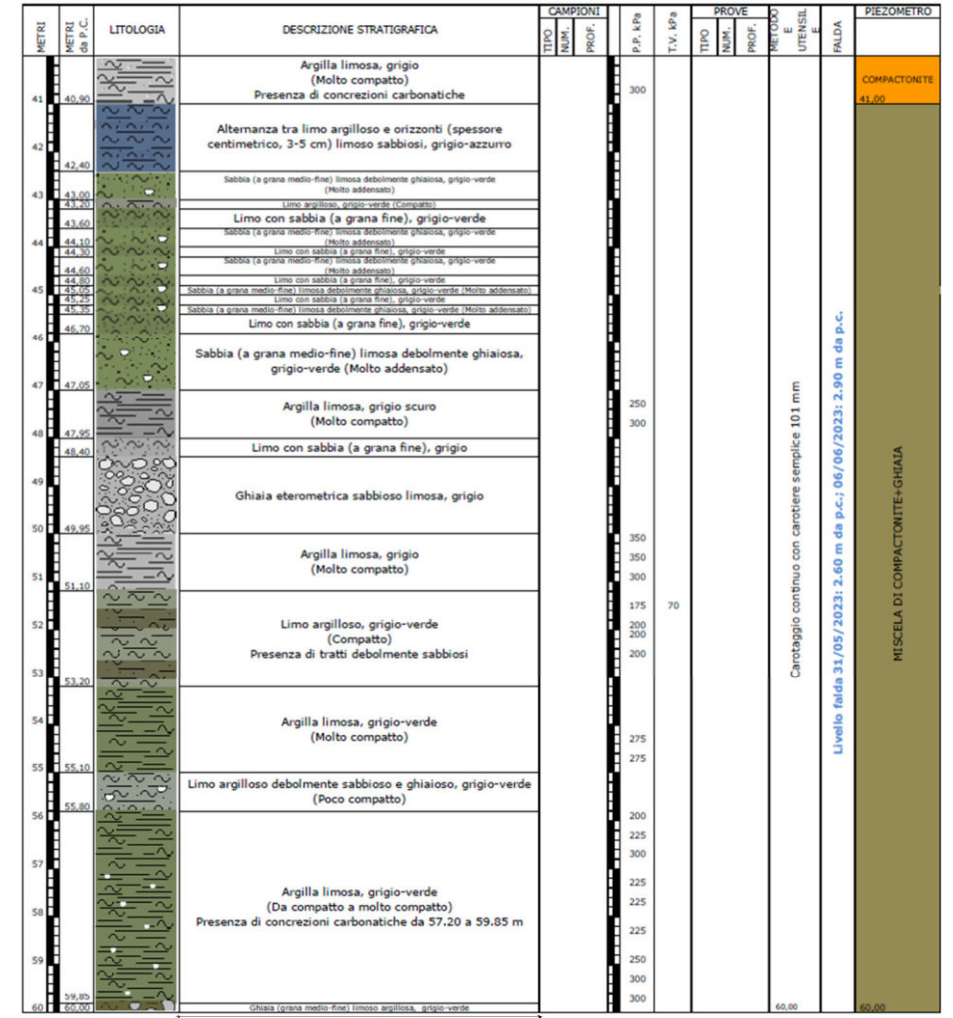
Esecuzione: 12-25/10/2023



0 – 20 m



20 – 40 m



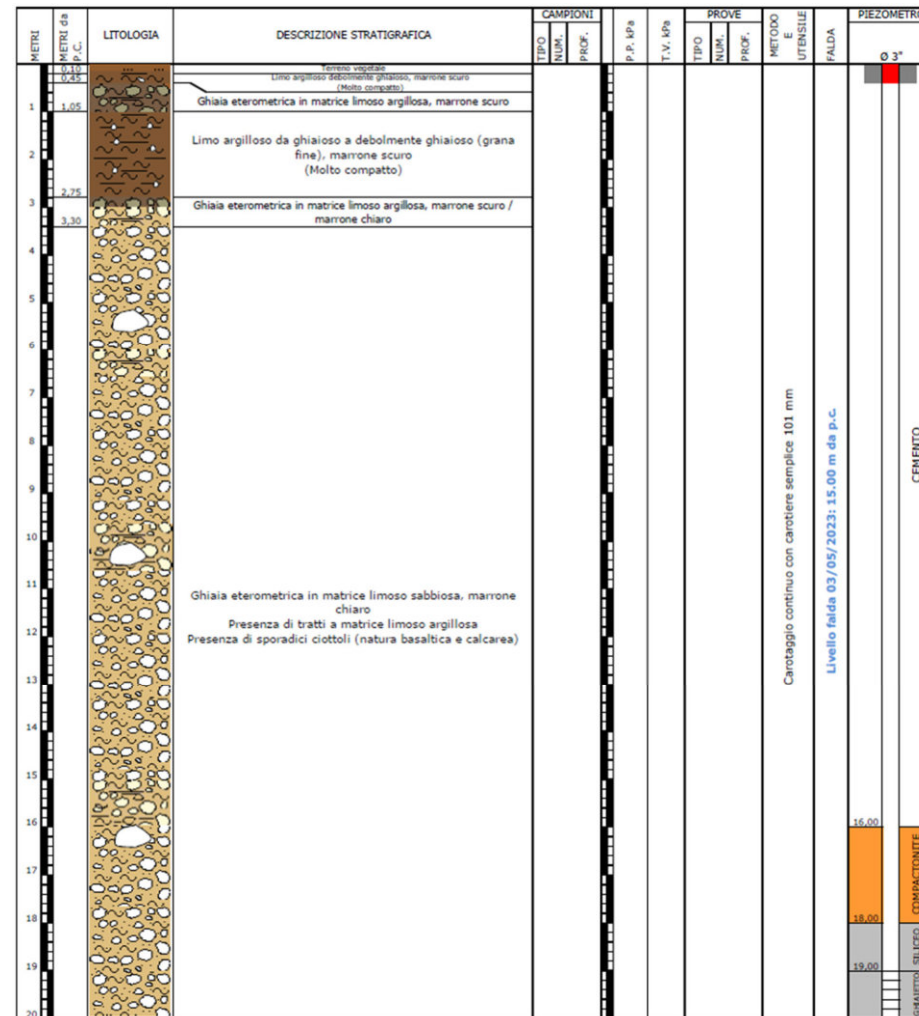
40 – 60 m

FINE SONDAGGIO
 Note:
 - Rivestimento (Ø 127): 58.00 m;
 - Eseguito lo spurgo del tubo piezometrico con l'utilizzo di una pompa ad immersione.

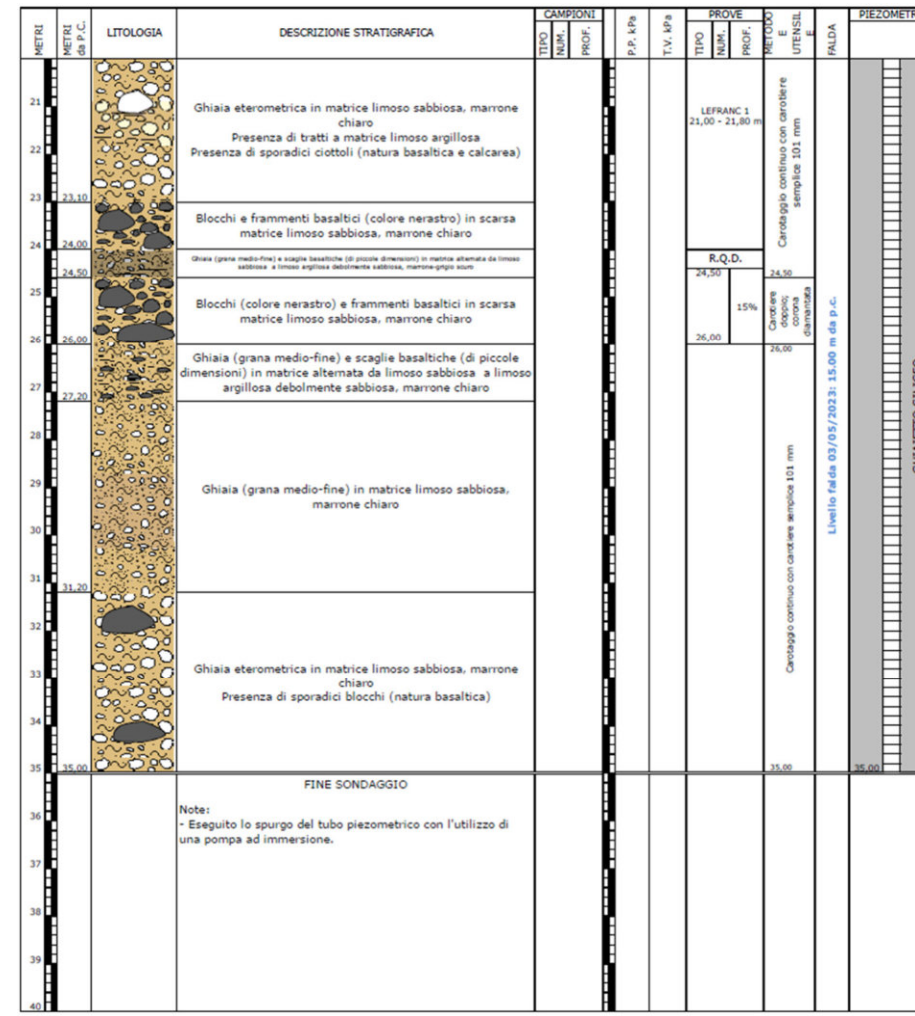
PZ18

Profondità: 60,00 m
 Rivestimento (Ø 152 mm): 39,00 m

Esecuzione: 30/05-06/06/2023



0 – 20 m

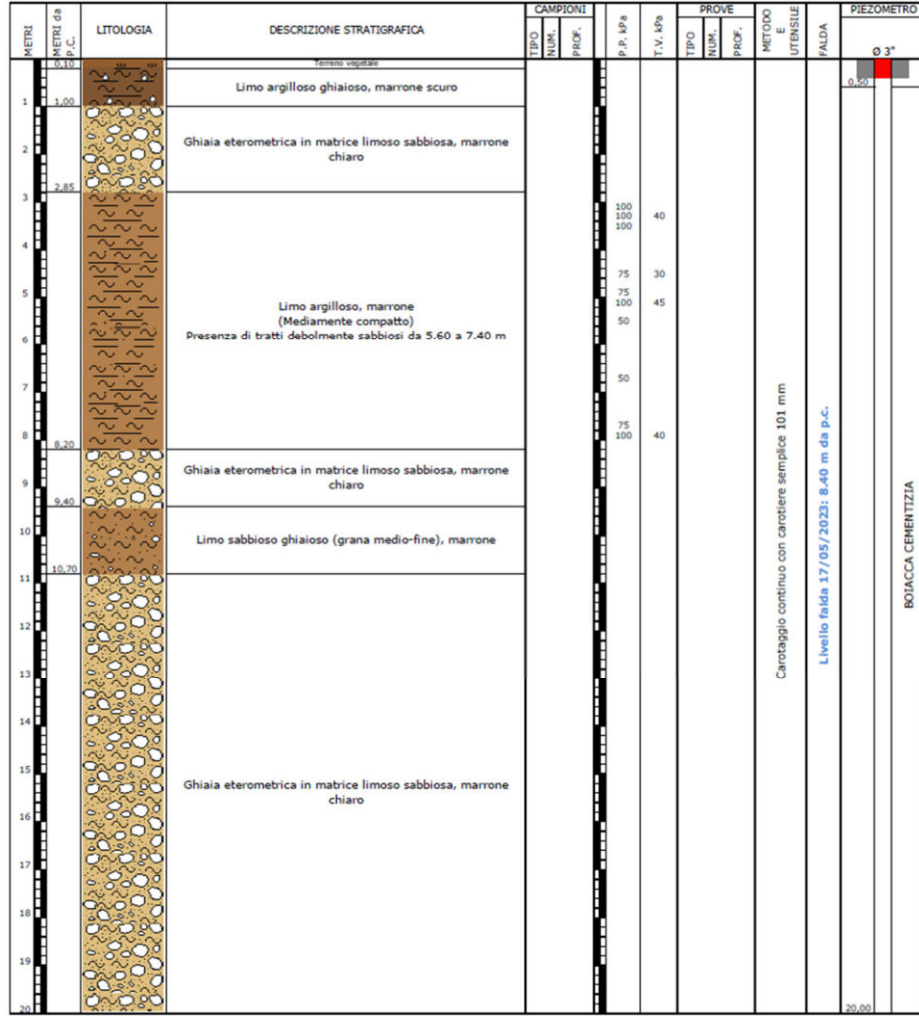


20 – 40 m

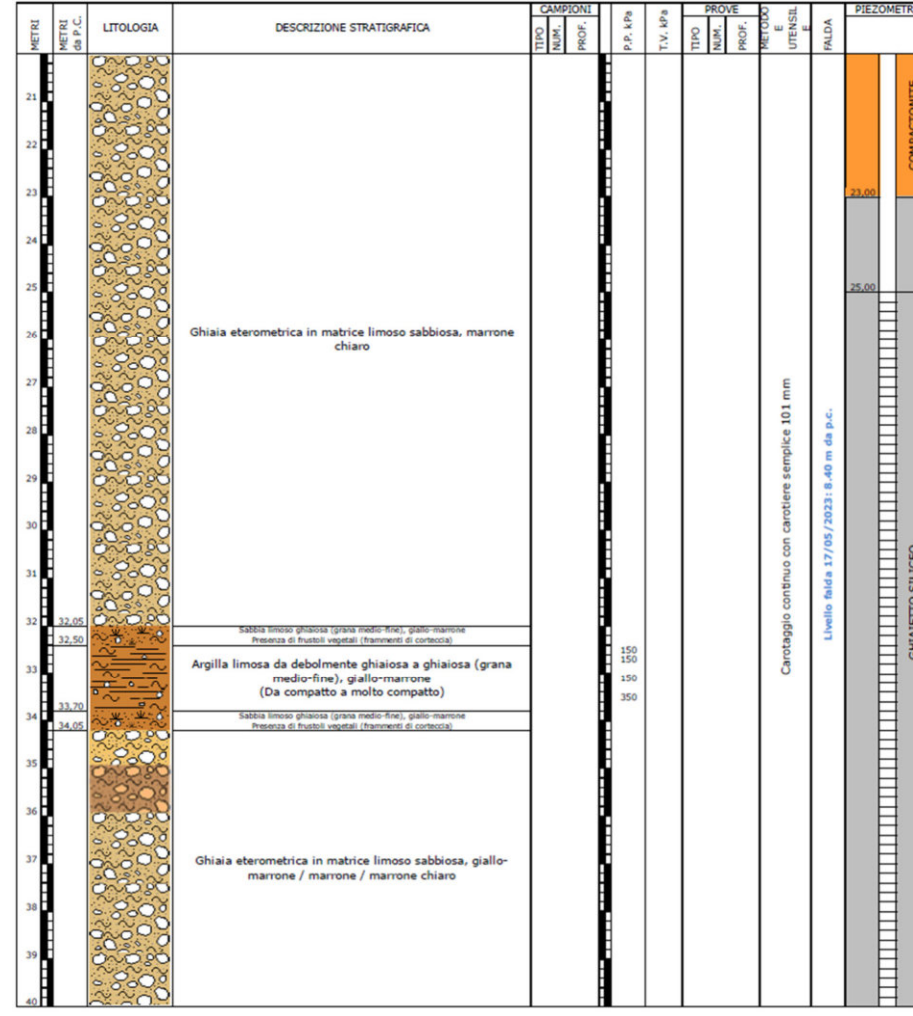
PZ20

Profondità: 35,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 35,00 m

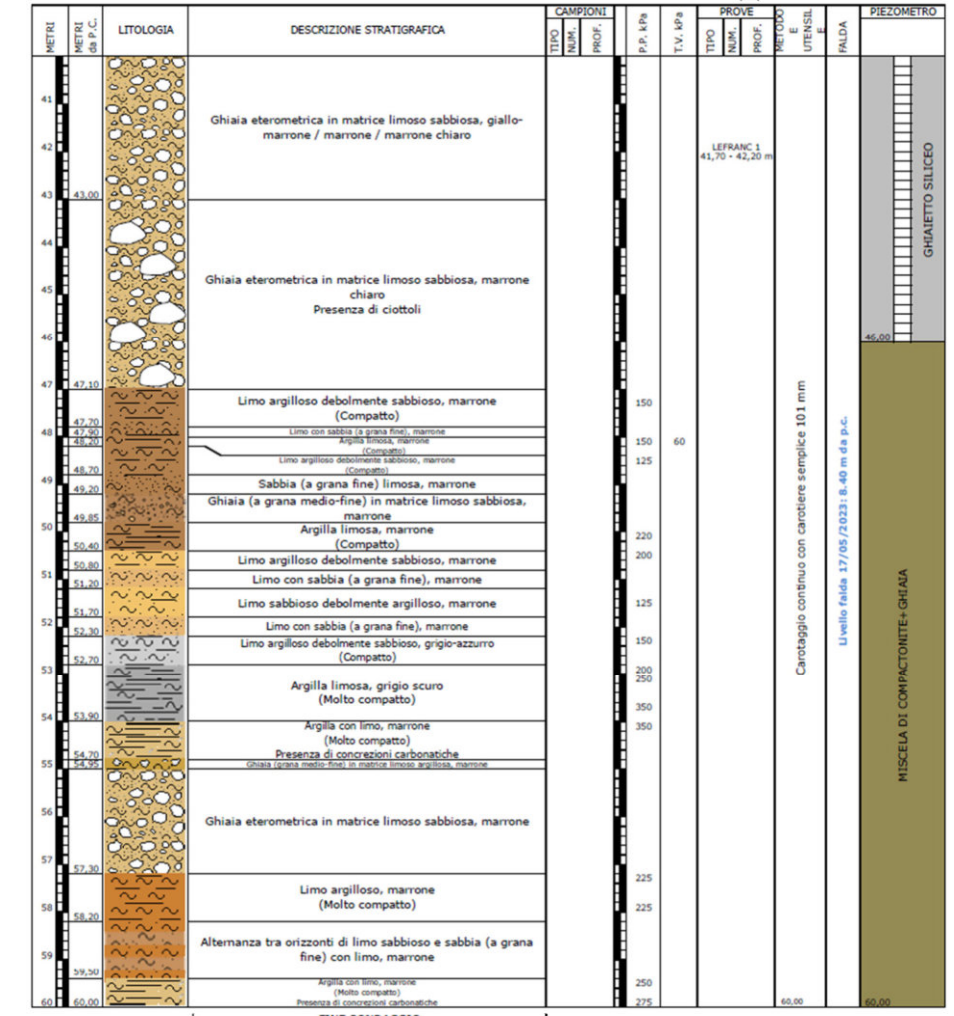
Esecuzione: 27/04-03/05/2023



0 – 20 m



20 – 40 m



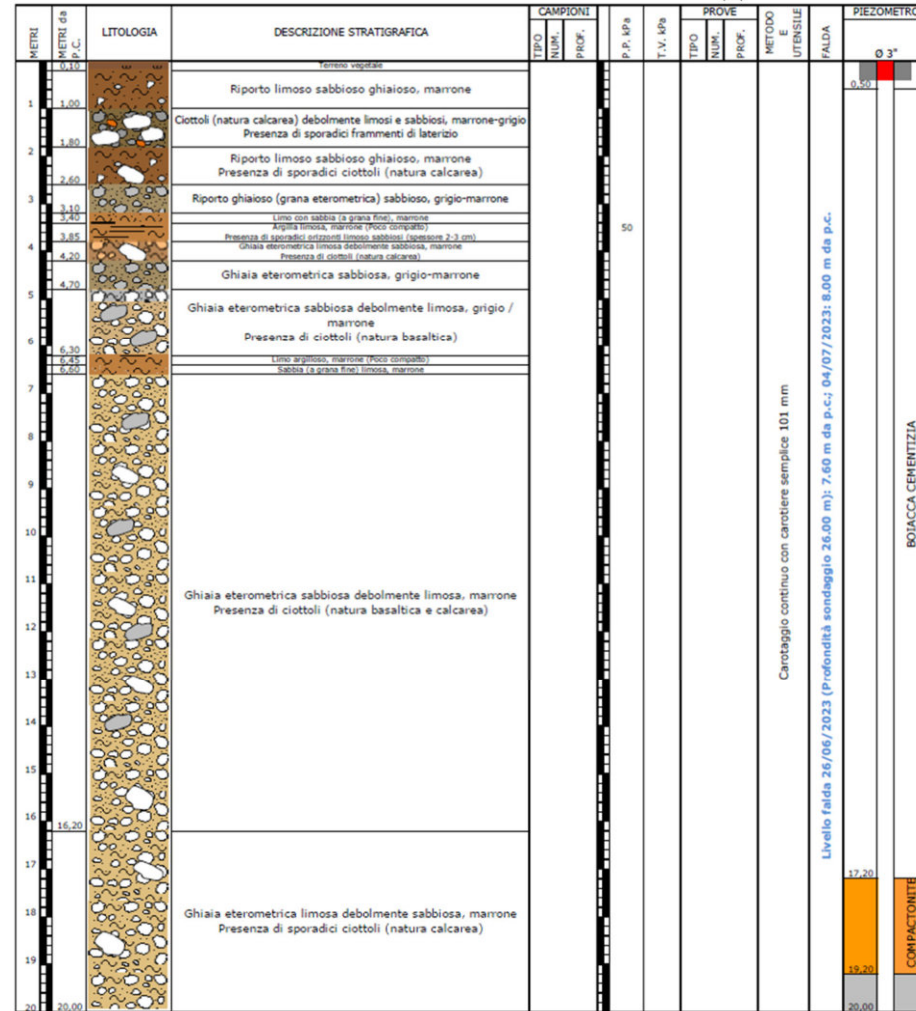
40 – 60 m

Note:
 - Rivestimento (Ø 127): 60,00 m;
 - Eseguito lo spurgo del tubo piezometrico con l'utilizzo di una pompa ad immersione.

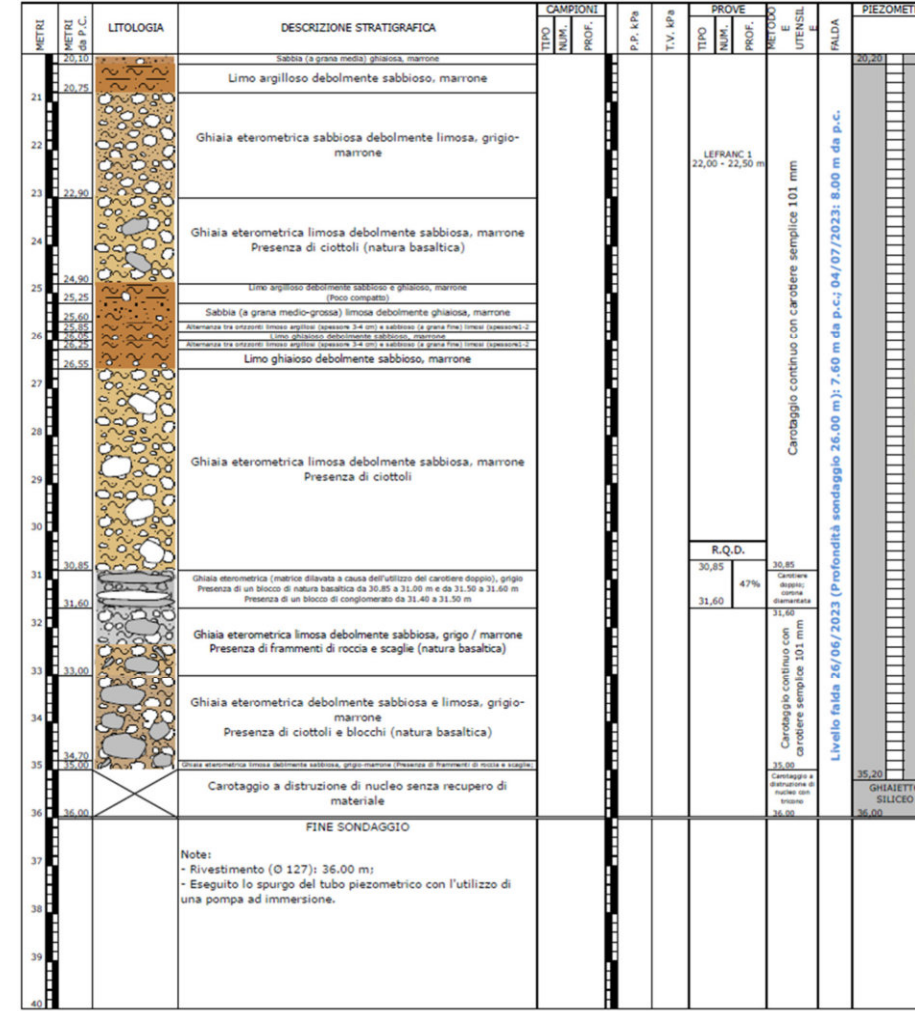
PZ21

Profondità: 60,00 m
 Rivestimento (Ø 152 mm): 47,00 m

Esecuzione: 05-15/05/2023



0 – 20 m

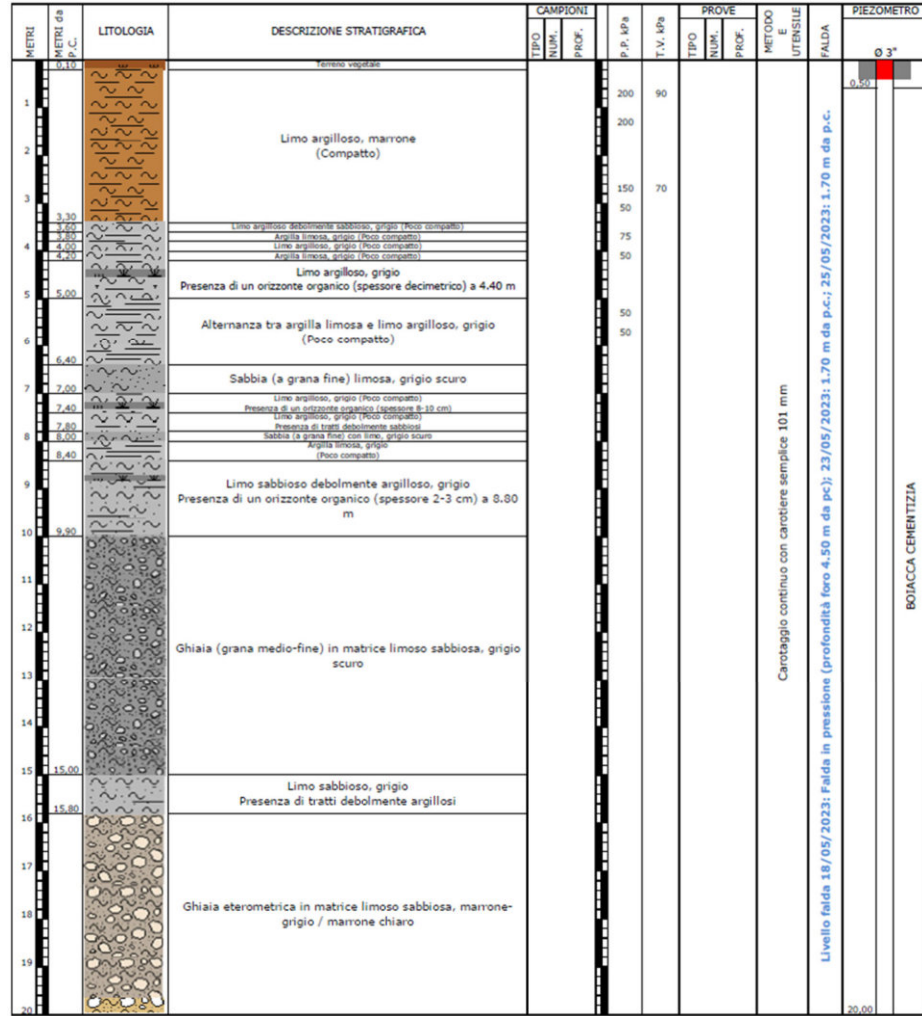


20 – 40 m

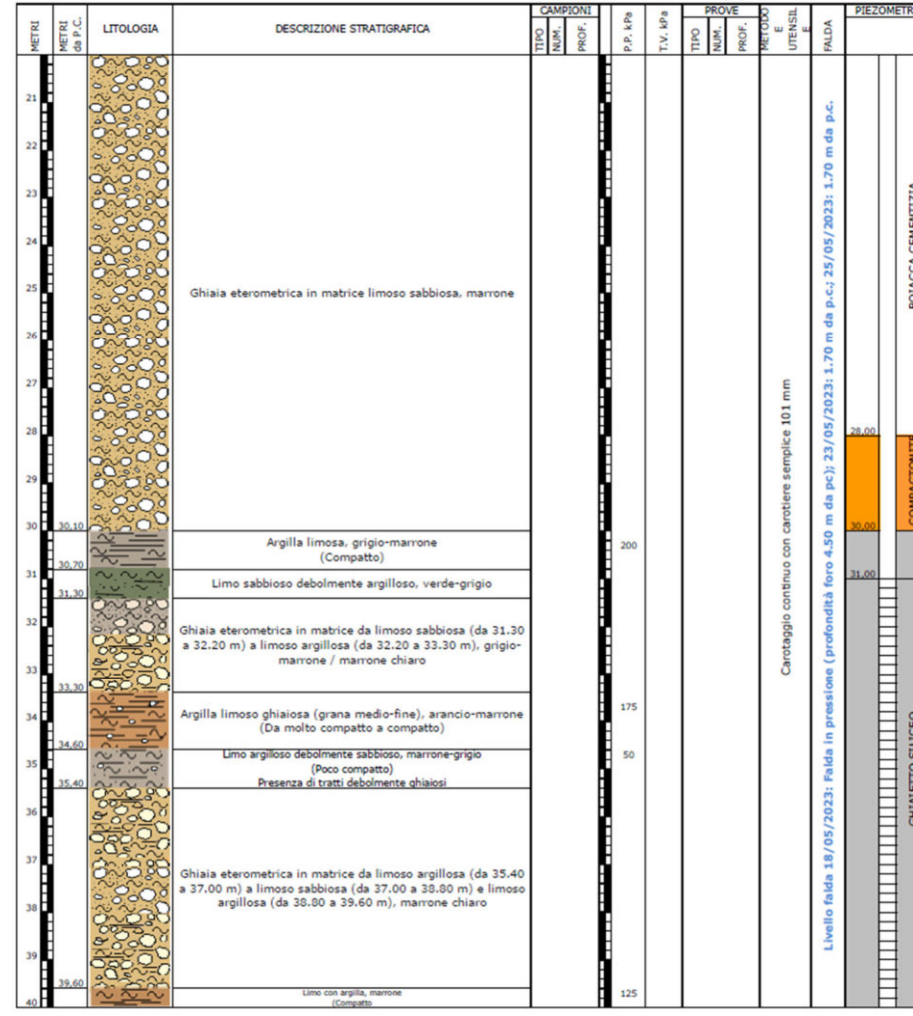
PZ22

Profondità: 36,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 36,00 m

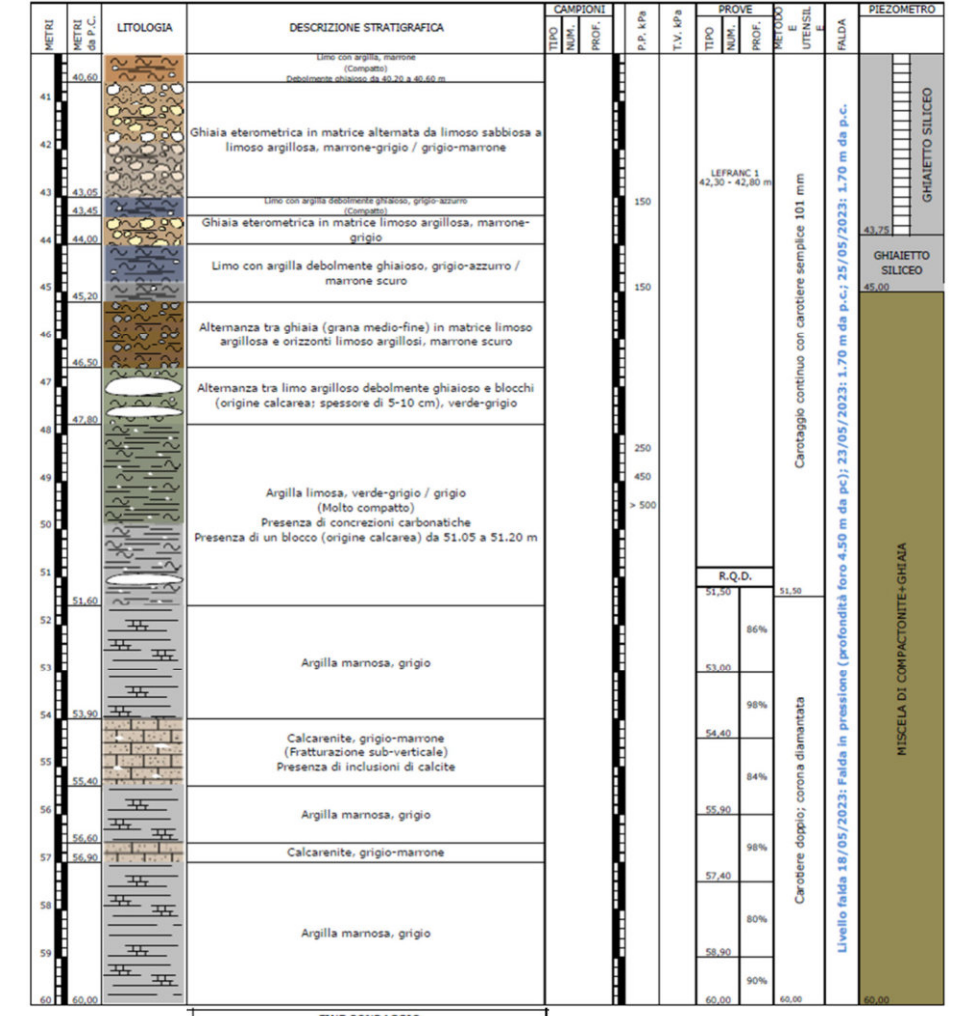
Esecuzione: 23/06-04/07/2023



0 – 20 m



20 – 40 m



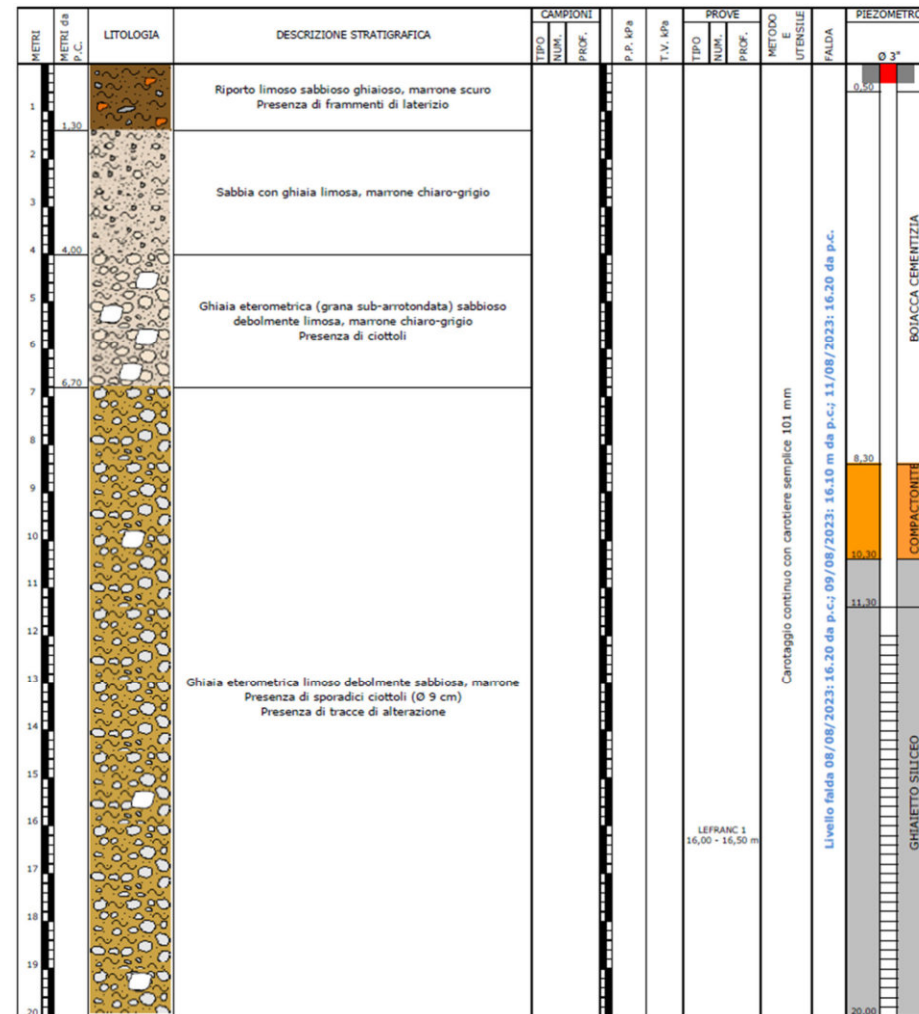
40 – 60 m

Note:
 - Rivestimento (Ø 127): 60,00 m;
 - Eseguito lo spurgo del tubo piezometrico con l'utilizzo di una pompa ad immersione.

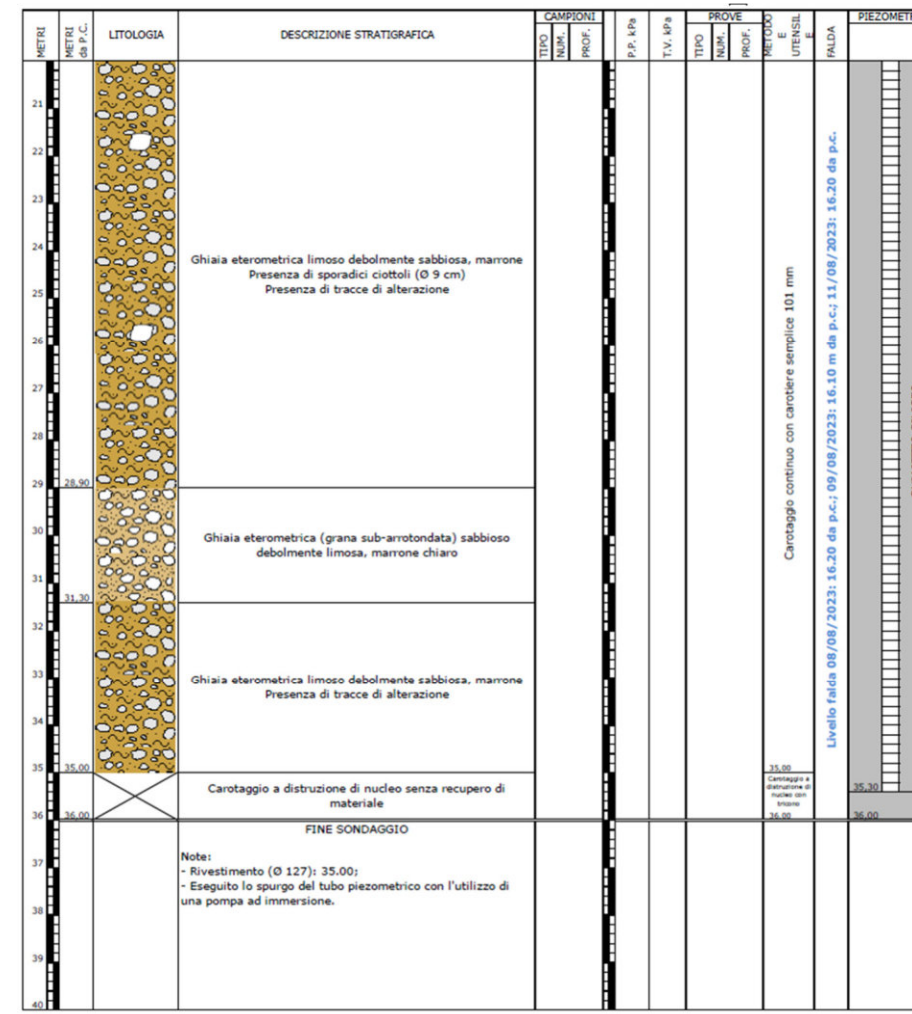
Profondità: 60,00 m
 Rivestimento (Ø 152 mm): 45,00 m

PZ24

Esecuzione: 18-25/05/2023



0 – 20 m

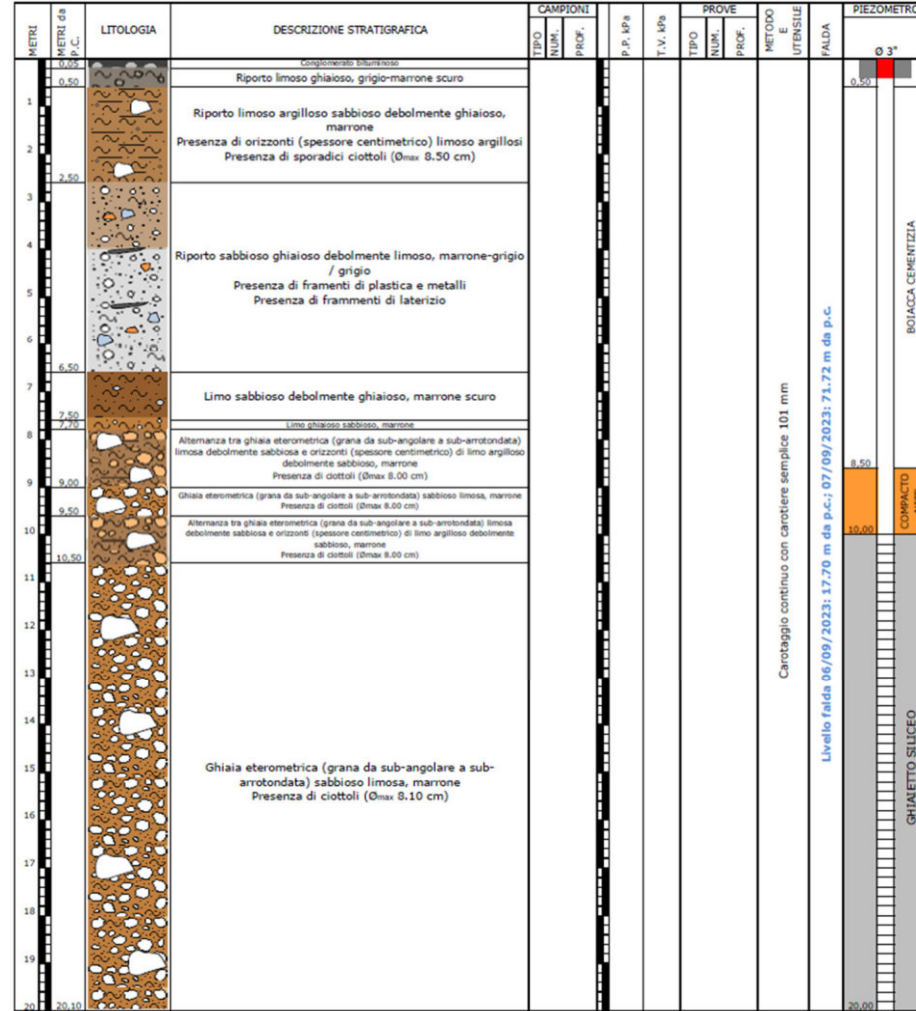


20 – 40 m

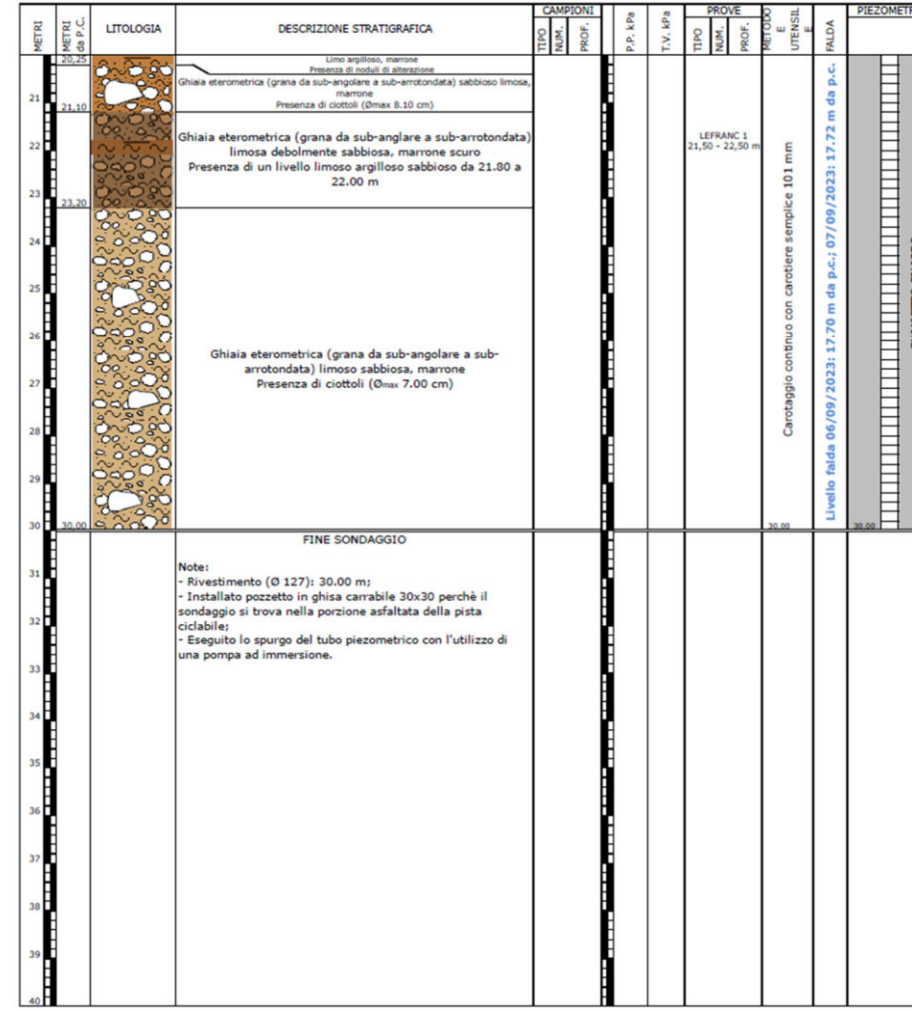
PZ25

Profondità: 36,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 35,50 m

Esecuzione: 07-11/08/2023



0 – 20 m

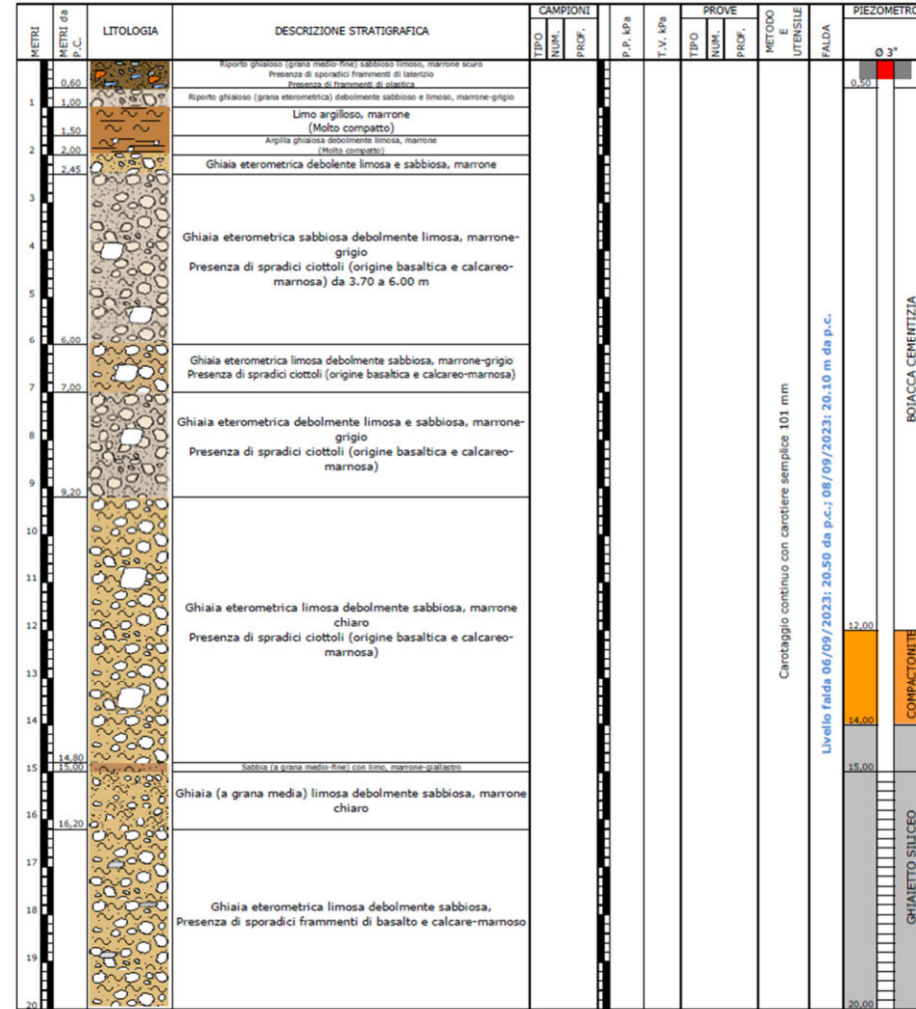


20 – 40 m

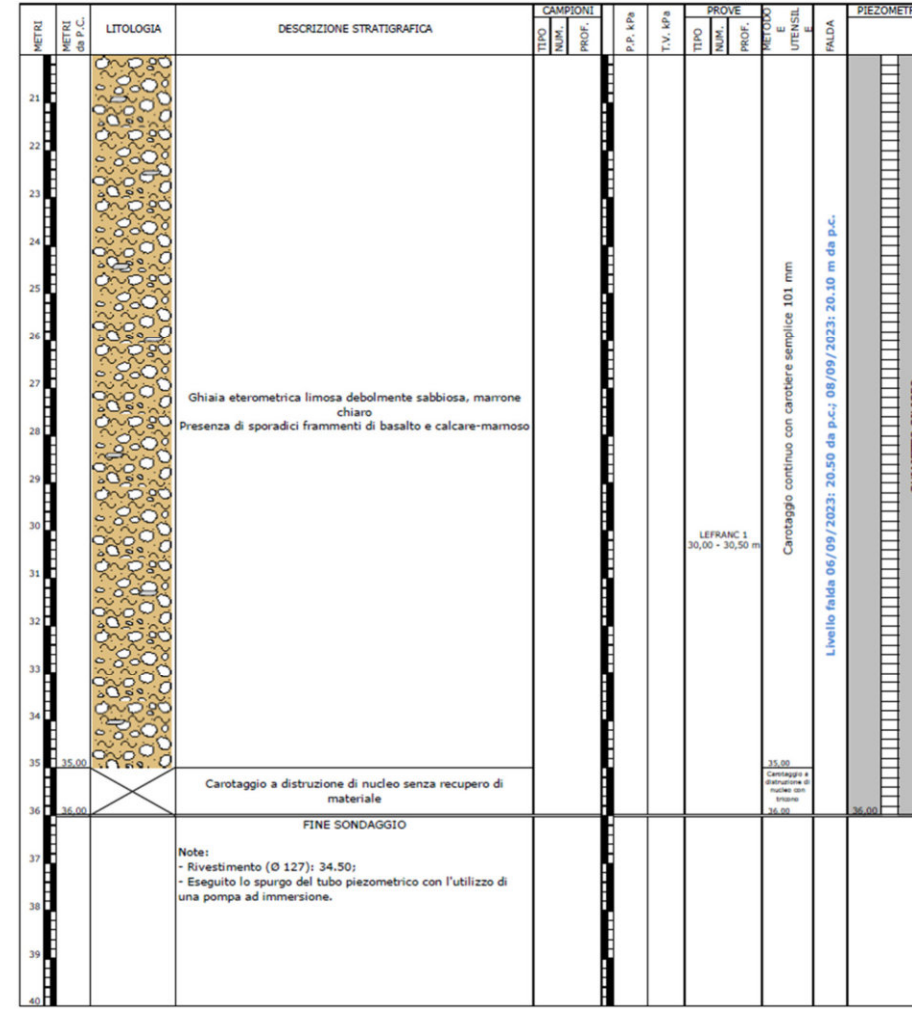
PZ26

Profondità: 30,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 30,00 m

Esecuzione: 05-07/09/2023



0 – 20 m

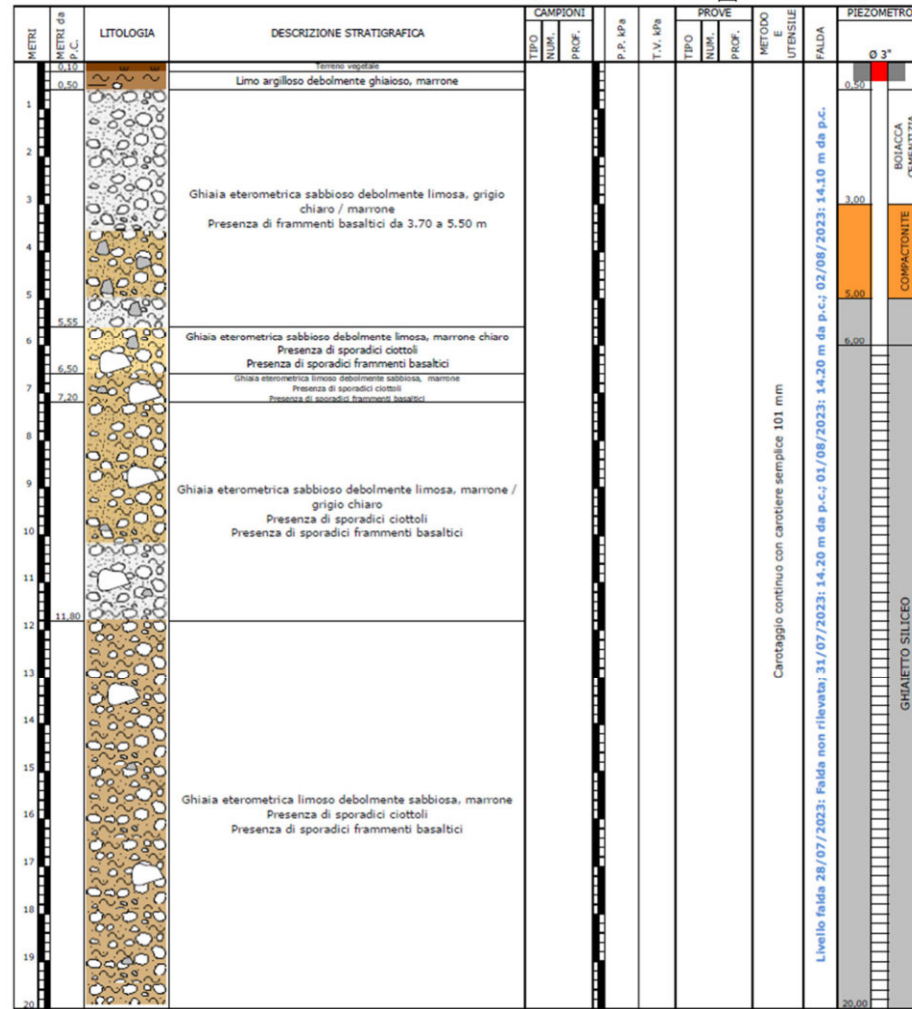


20 – 40 m

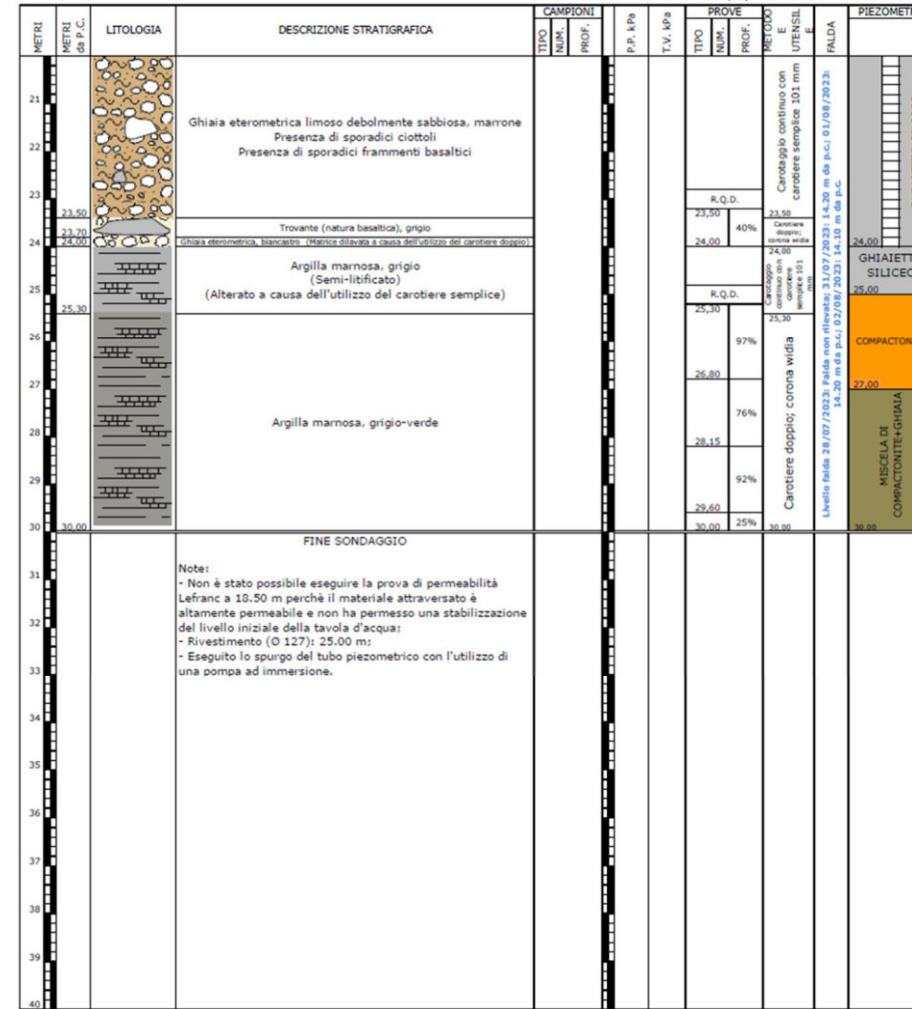
PZ27

Profondità: 36,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 36,00 m

Esecuzione: 05-08/09/2023



0 – 20 m

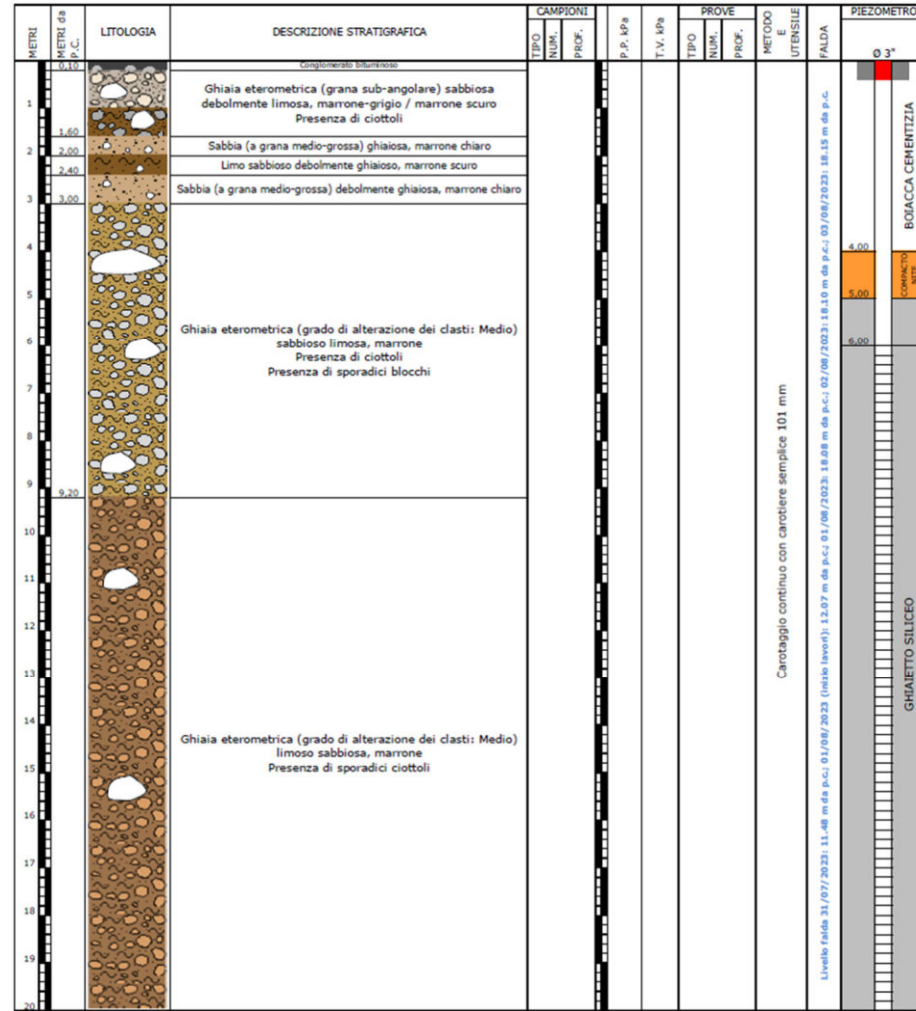


20 – 40 m

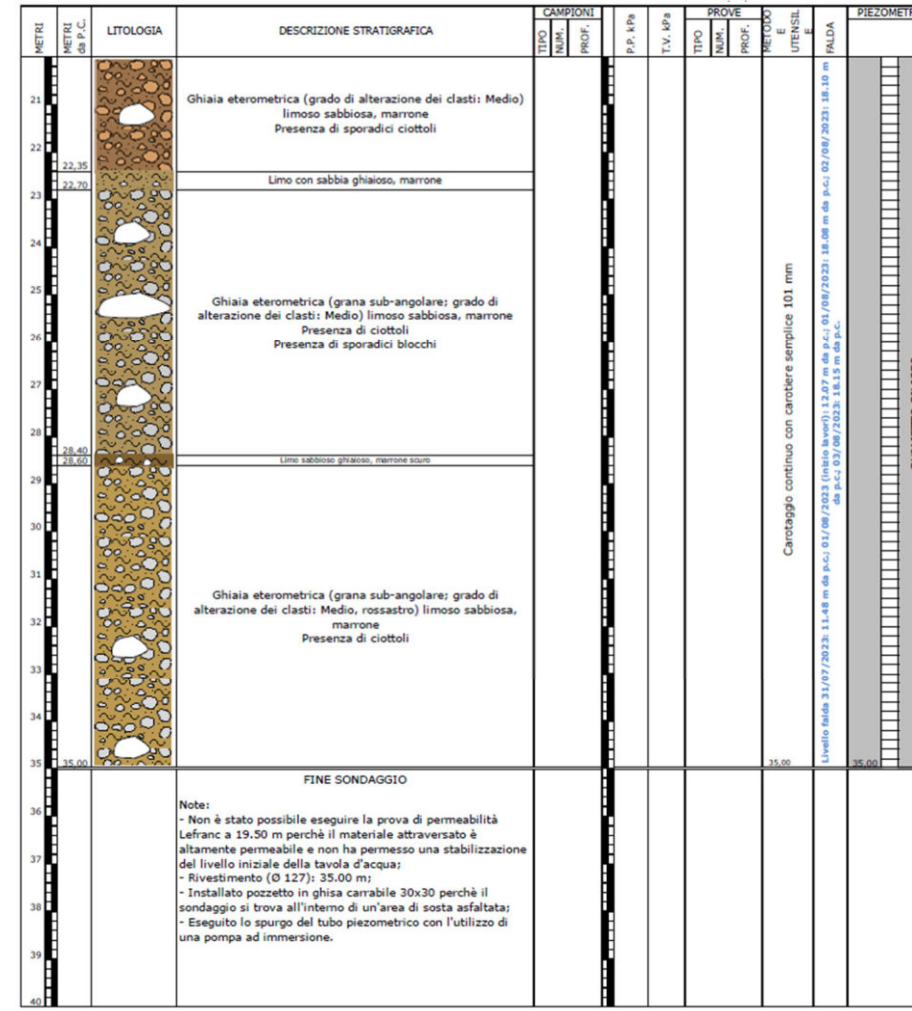
PZ28

Profondità: 30,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 24,00 m

Esecuzione: 27/07-02/08/2023



0 – 20 m

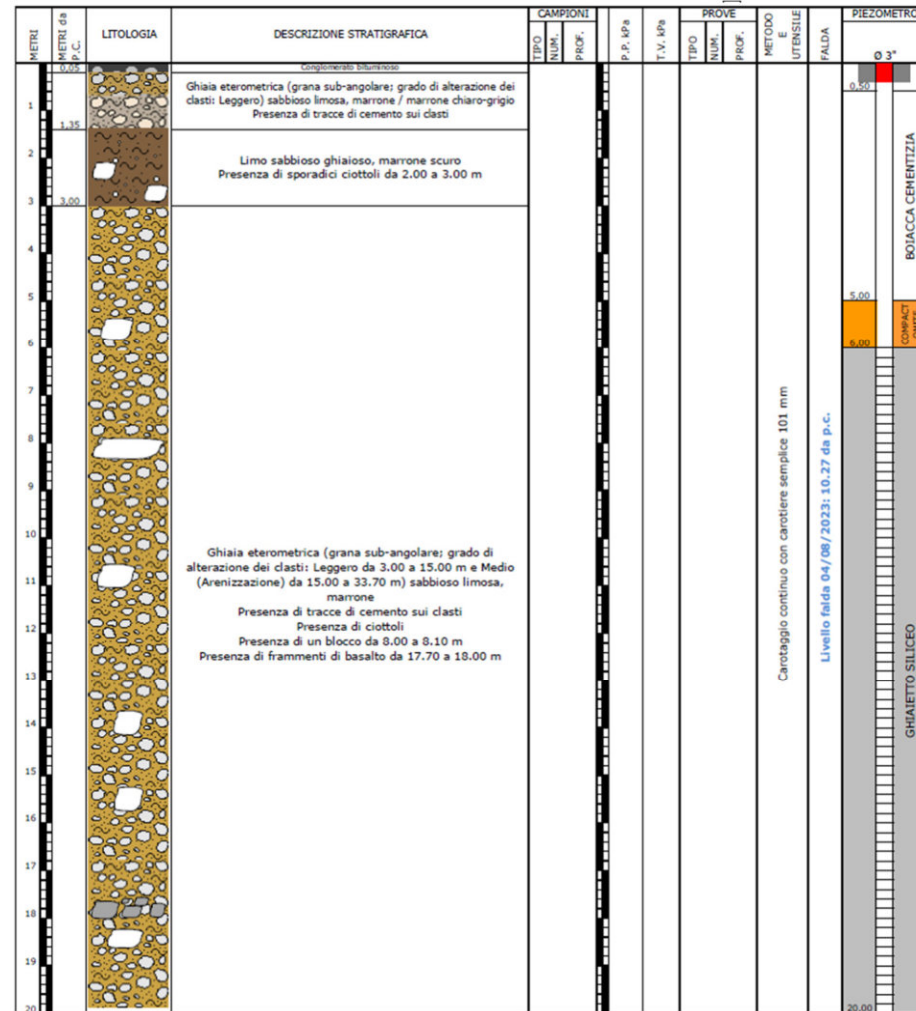


20 – 40 m

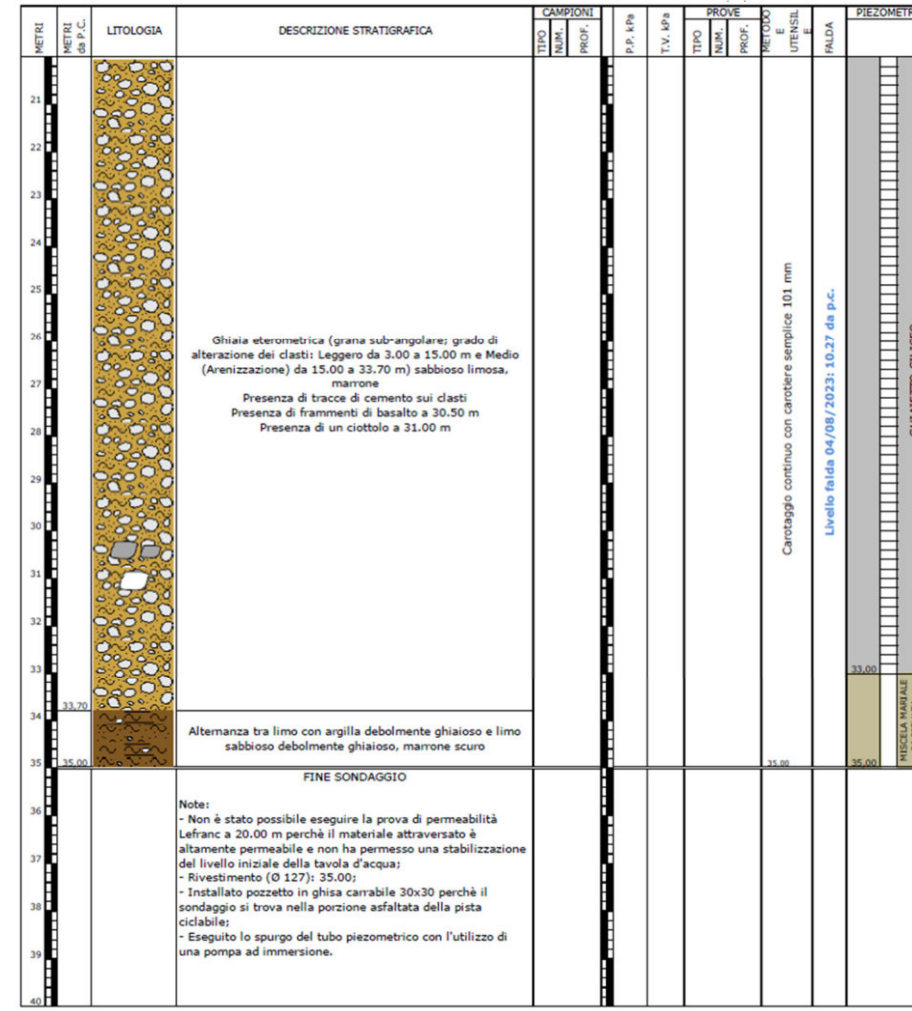
PZ29

Profondità: 35,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 35,00 m

Esecuzione: 28/07-03/08/2023



0 – 20 m

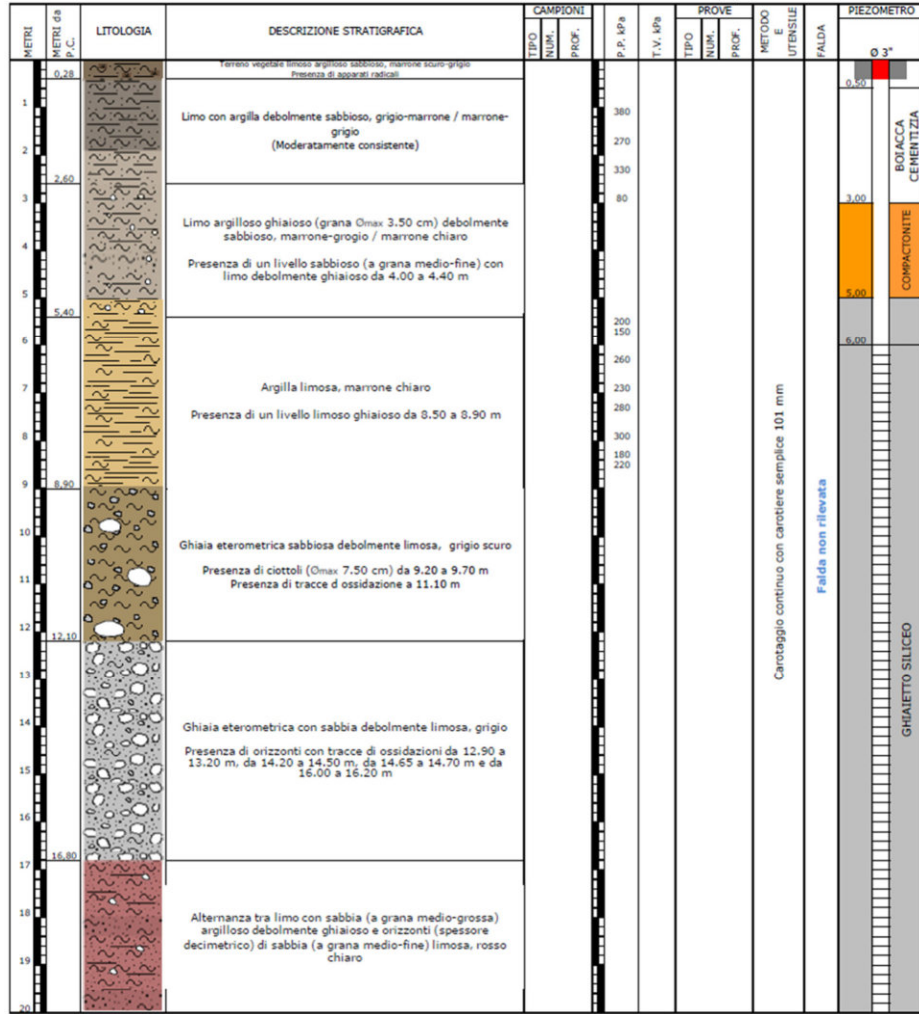


20 – 40 m

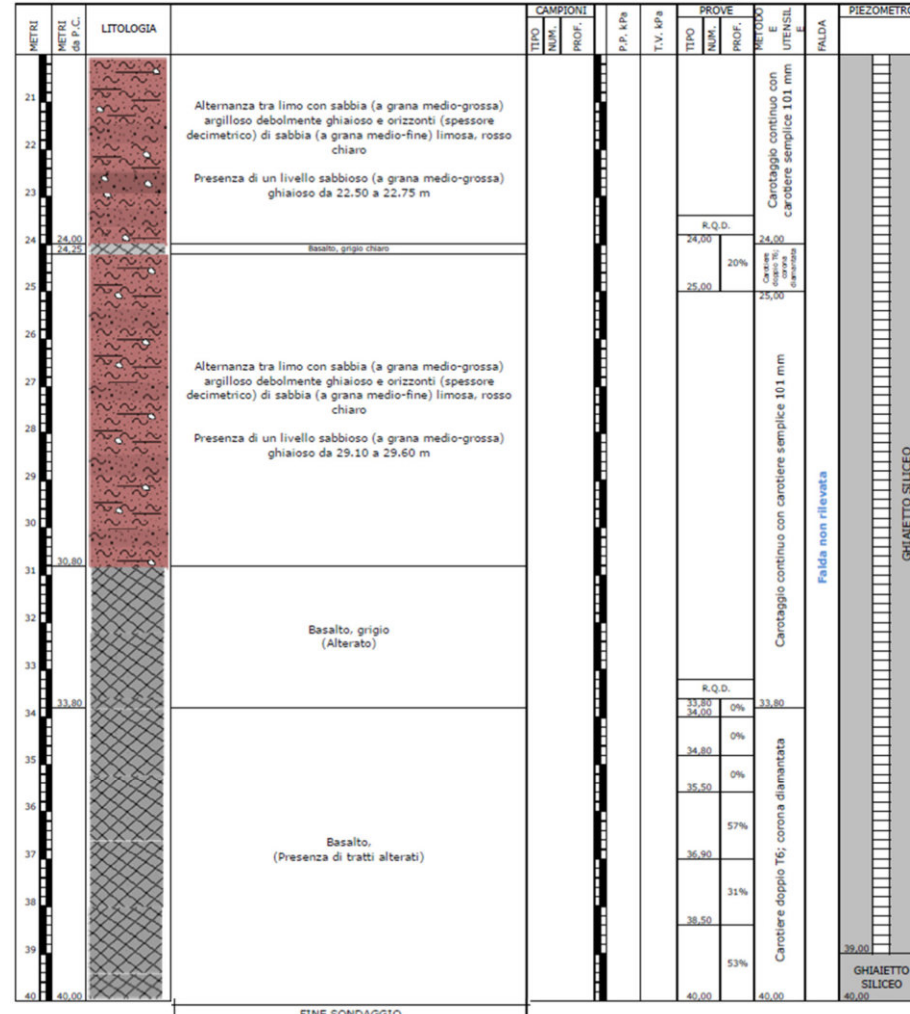
PZ30

Profondità: 35,00 m
 Rivestimento (Ø 152 mm): 35,00 m

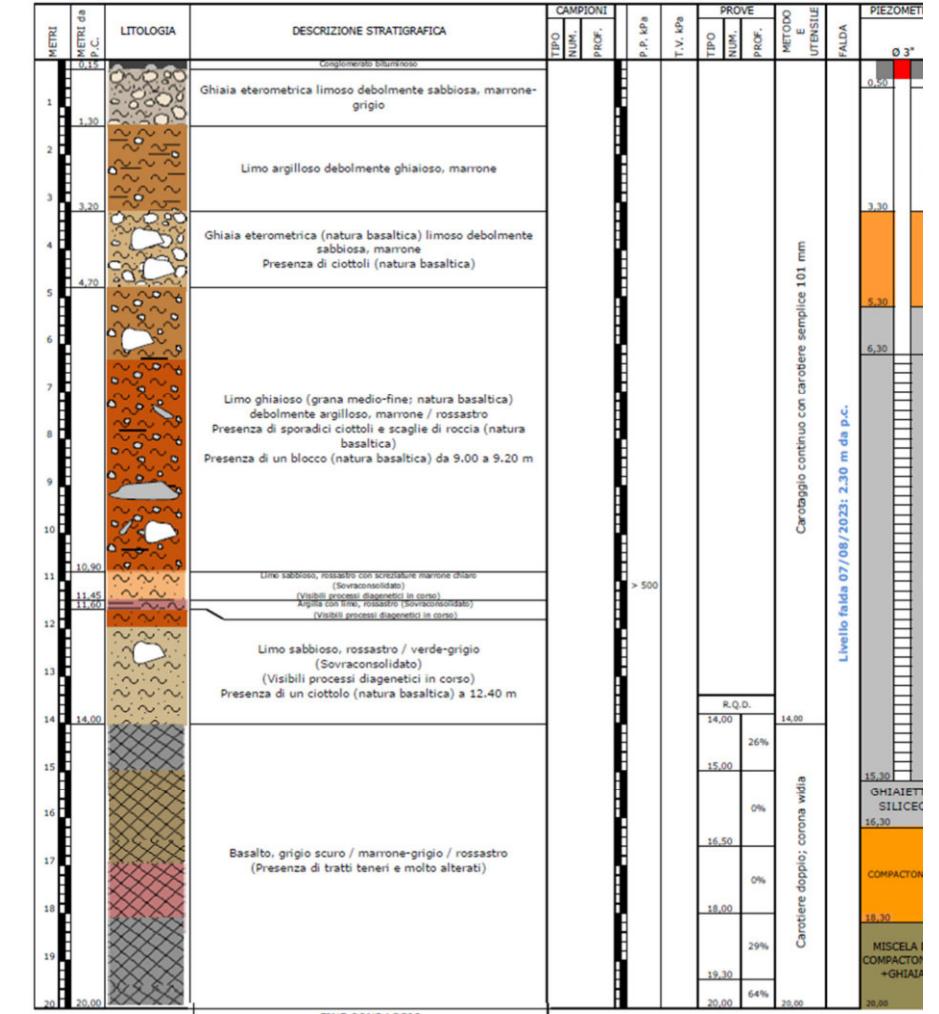
Esecuzione: 03-09/08/2023



0 – 20 m



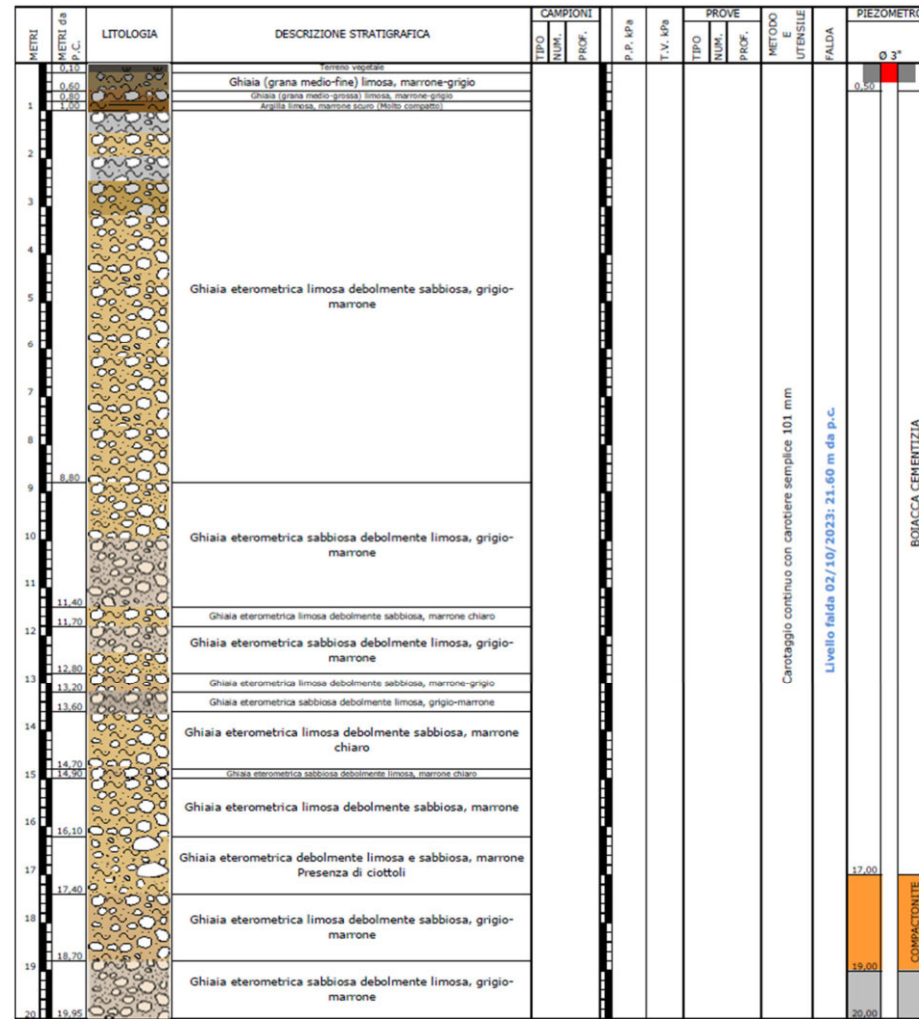
20 – 40 m



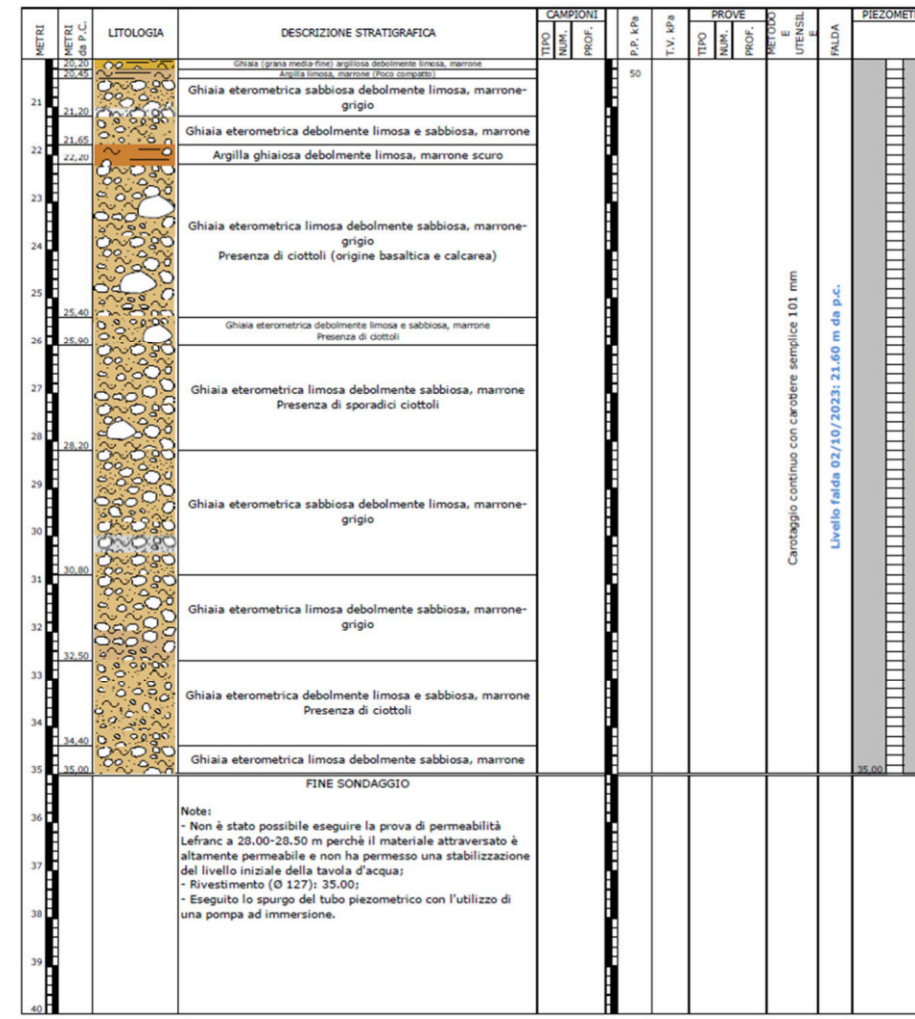
0 – 20 m

PZ32
 Profondità: 40,00 m
 Rivestimento (\varnothing 152 mm): 39,00 m
 Esecuzione: 12-20/07/2023

PZ33
 Profondità: 20,00 m
 Rivestimento (\varnothing 152 mm): 15,00 m
 Esecuzione: 03-07/08/2023



0 – 20 m

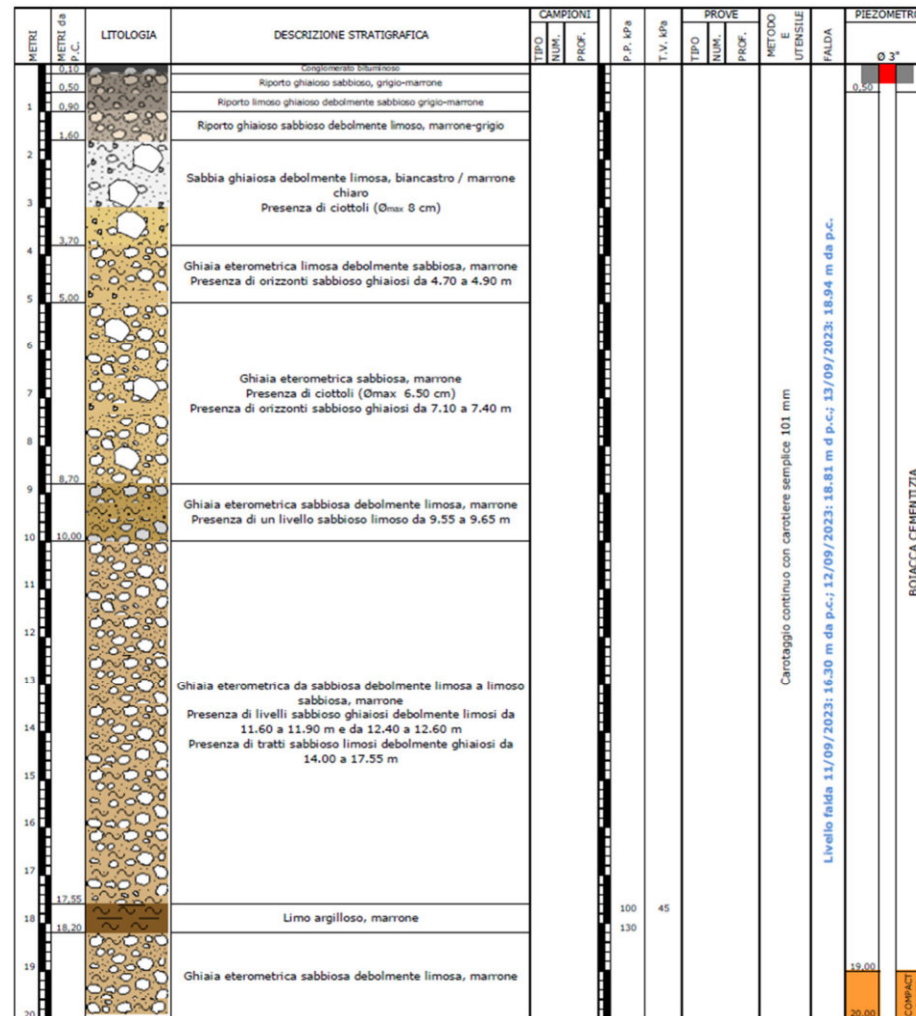


20 – 40 m

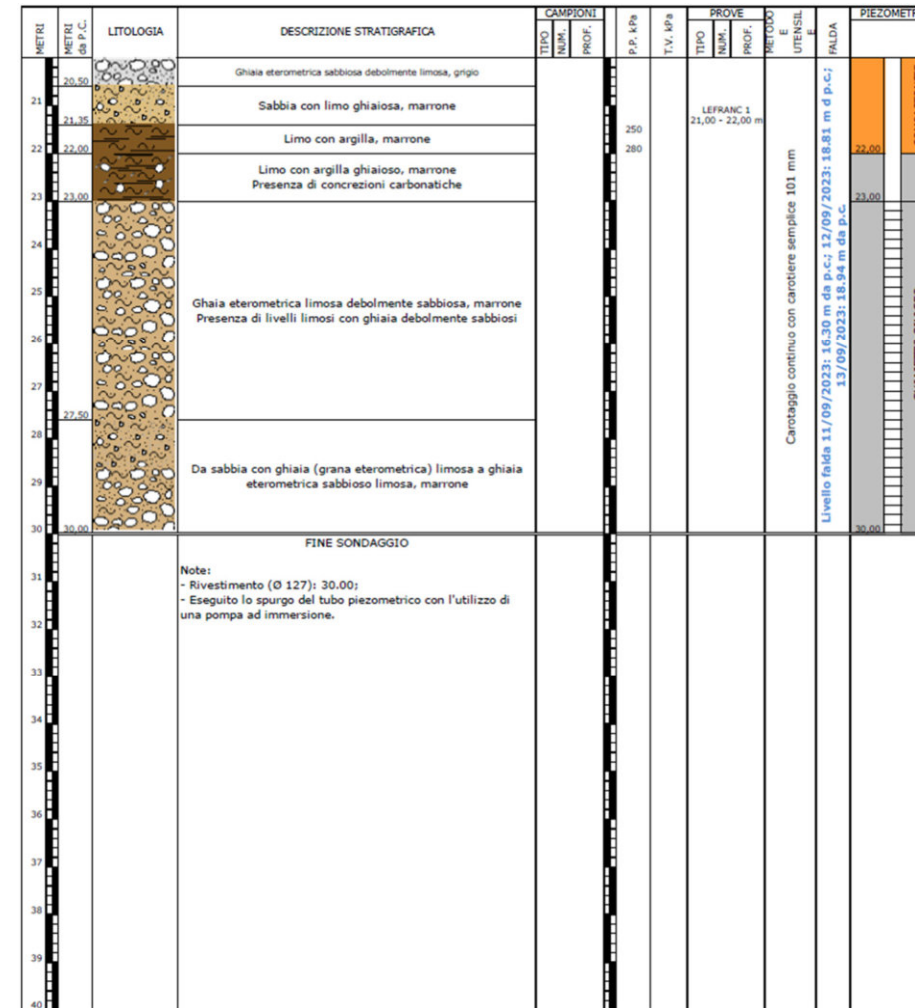
PZ34

Profondità: 35,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 35,00 m

Esecuzione: 28/09-03/10/2023



0 – 20 m

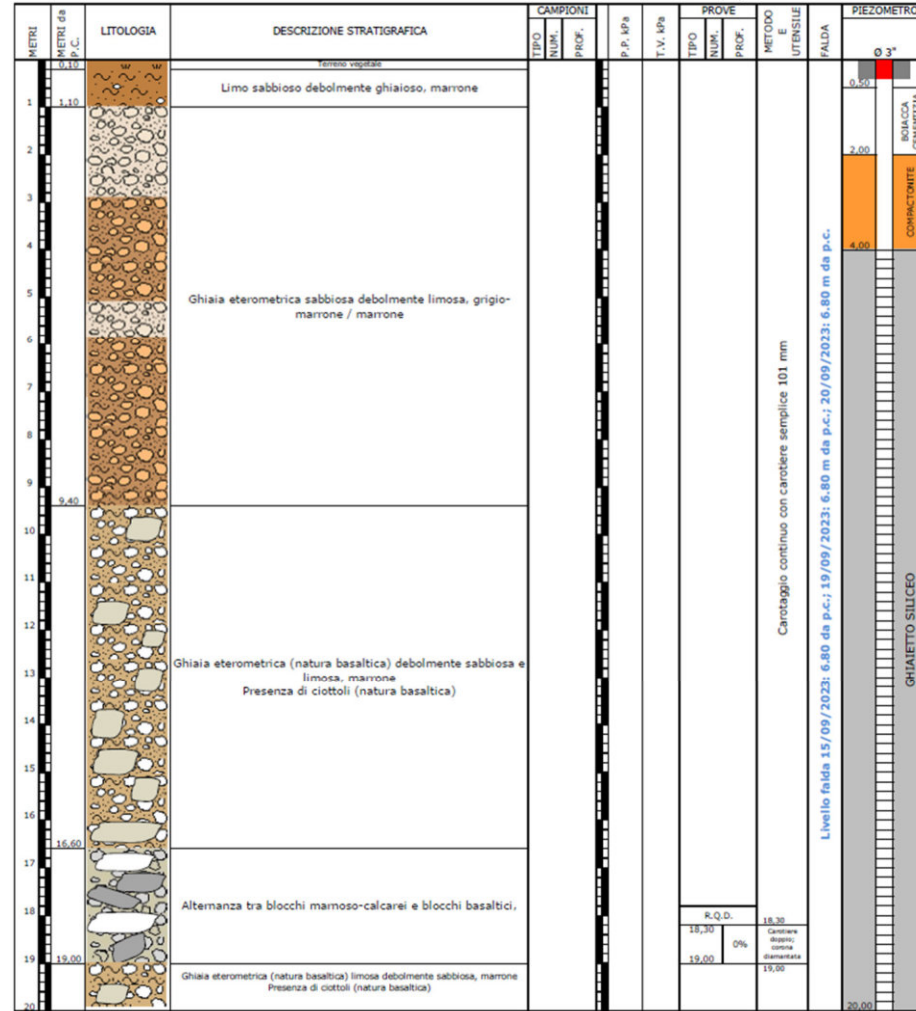


20 – 40 m

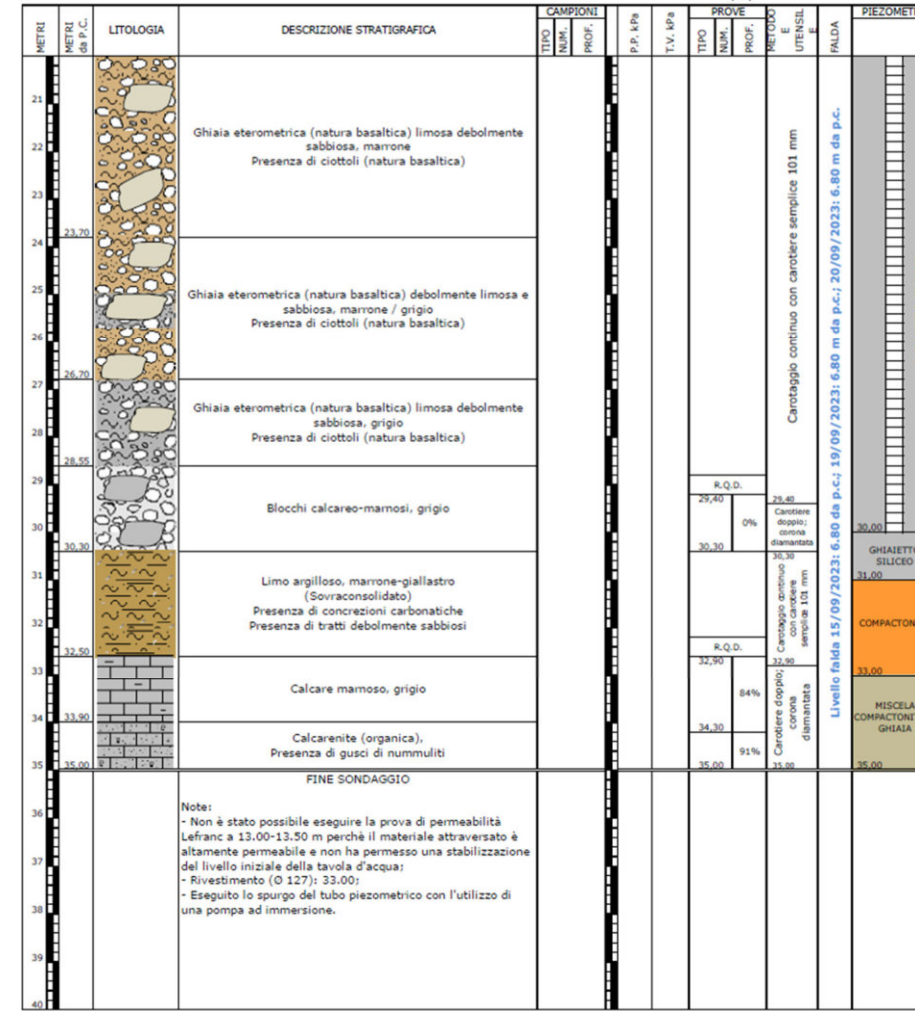
PZ35

Profondità: 30,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 30,00 m

Esecuzione: 07-12/09/2023



0 – 20 m

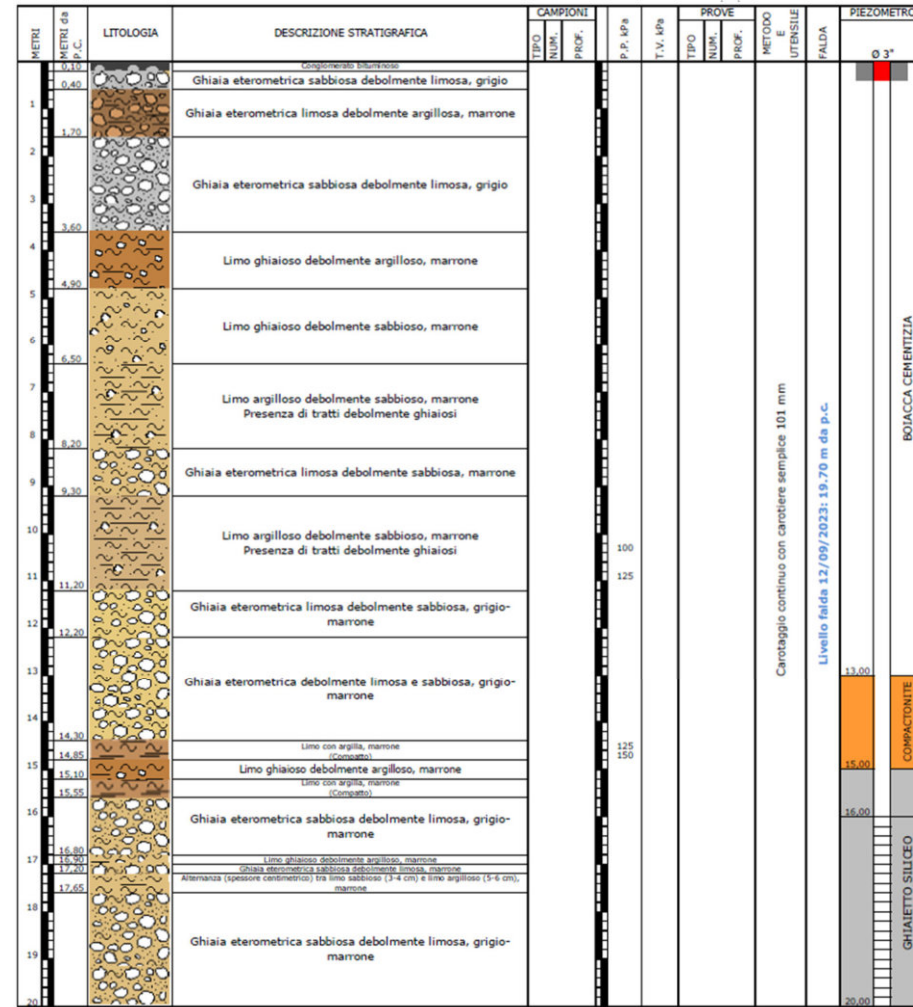


20 – 40 m

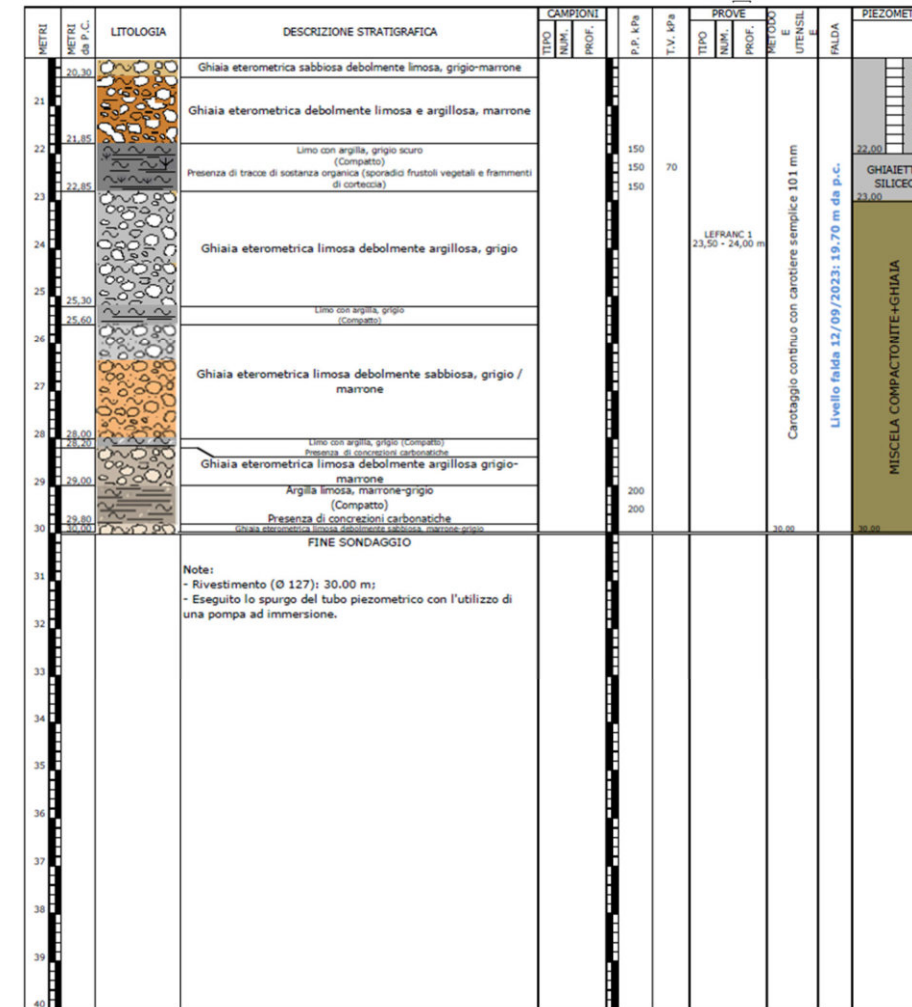
PZ36

Profondità: 35,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 30,00 m

Esecuzione: 14-20/09/2023



0 – 20 m

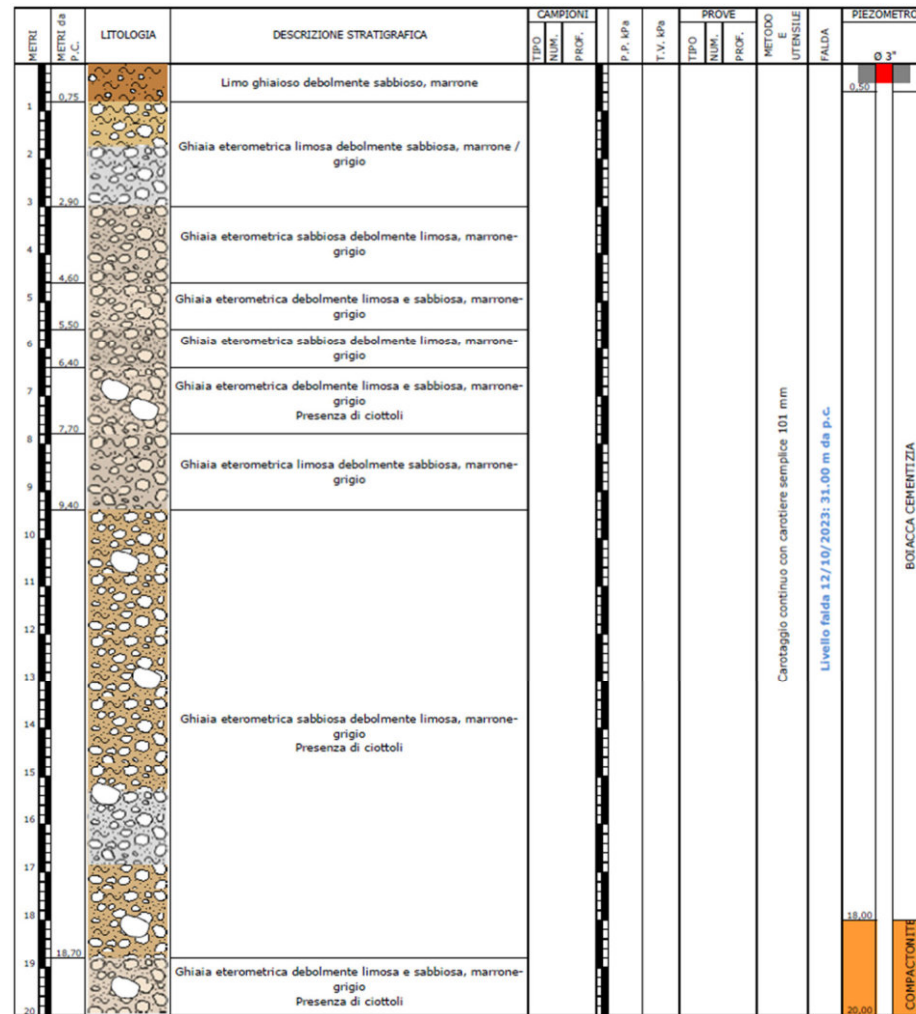


20 – 40 m

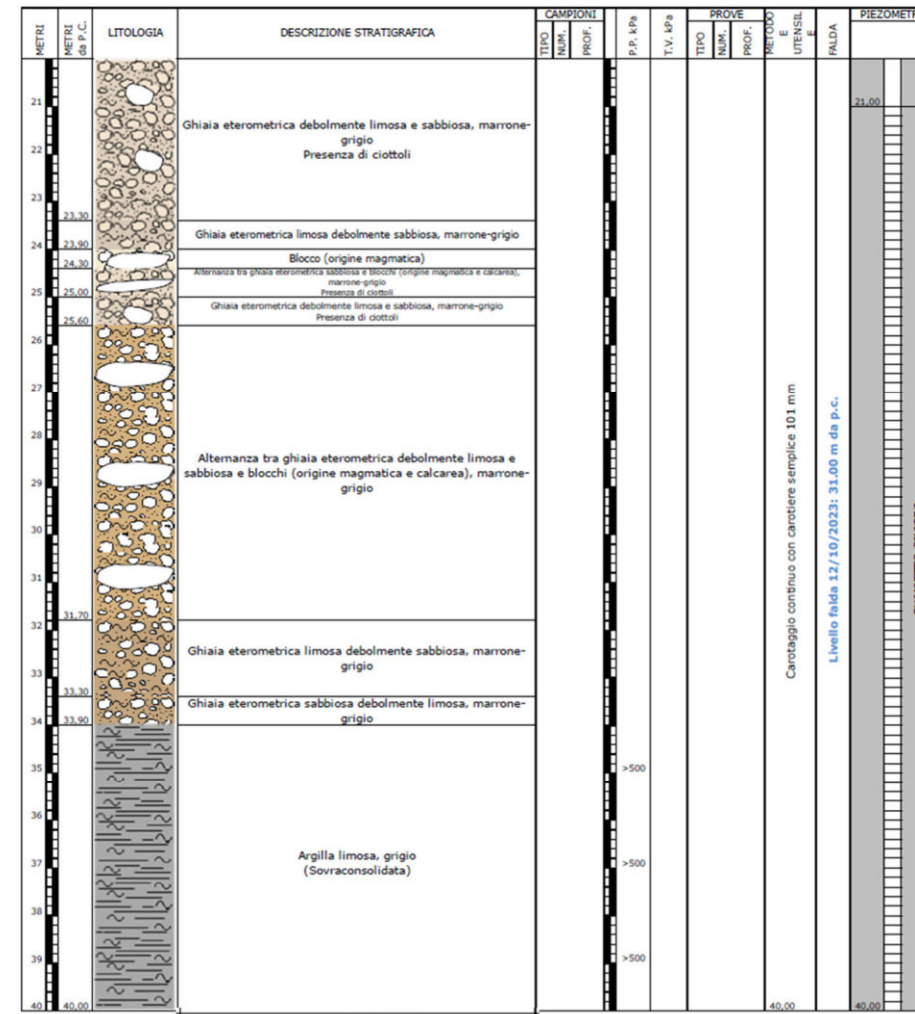
PZ37bis

Profondità: 30,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 22,00 m

Esecuzione: 07-13/09/2023



0 – 20 m



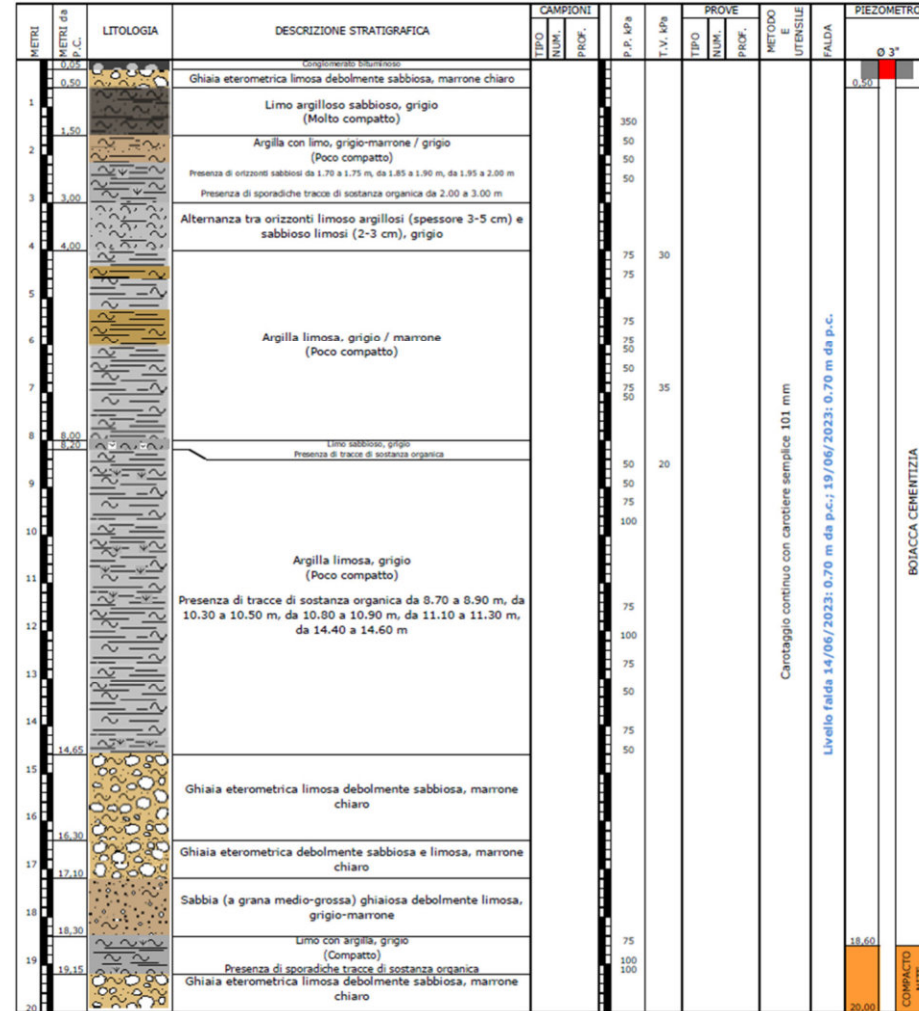
20 – 40 m

Note:
- Non è stato possibile eseguire la prova di permeabilità Lefranc perché il materiale attraversato è altamente permeabile e non ha permesso una stabilizzazione del livello iniziale della tavola d'acqua;
- Rivestimento (Ø 127): 45,00 m;
- Eseguito lo spurgo del tubo piezometrico con l'utilizzo di una pompa ad immersione.

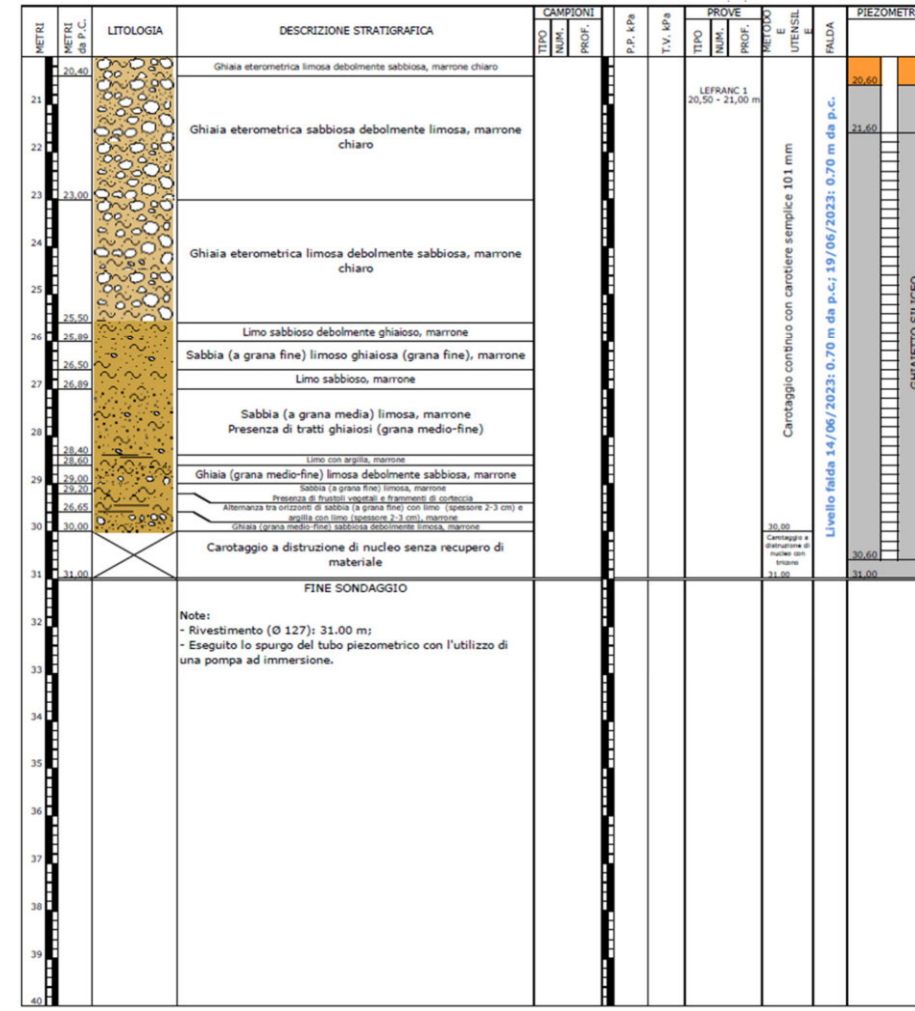
PZ38

Profondità: 40,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 40,00 m

Esecuzione: 05-13/10/2023



0 – 20 m

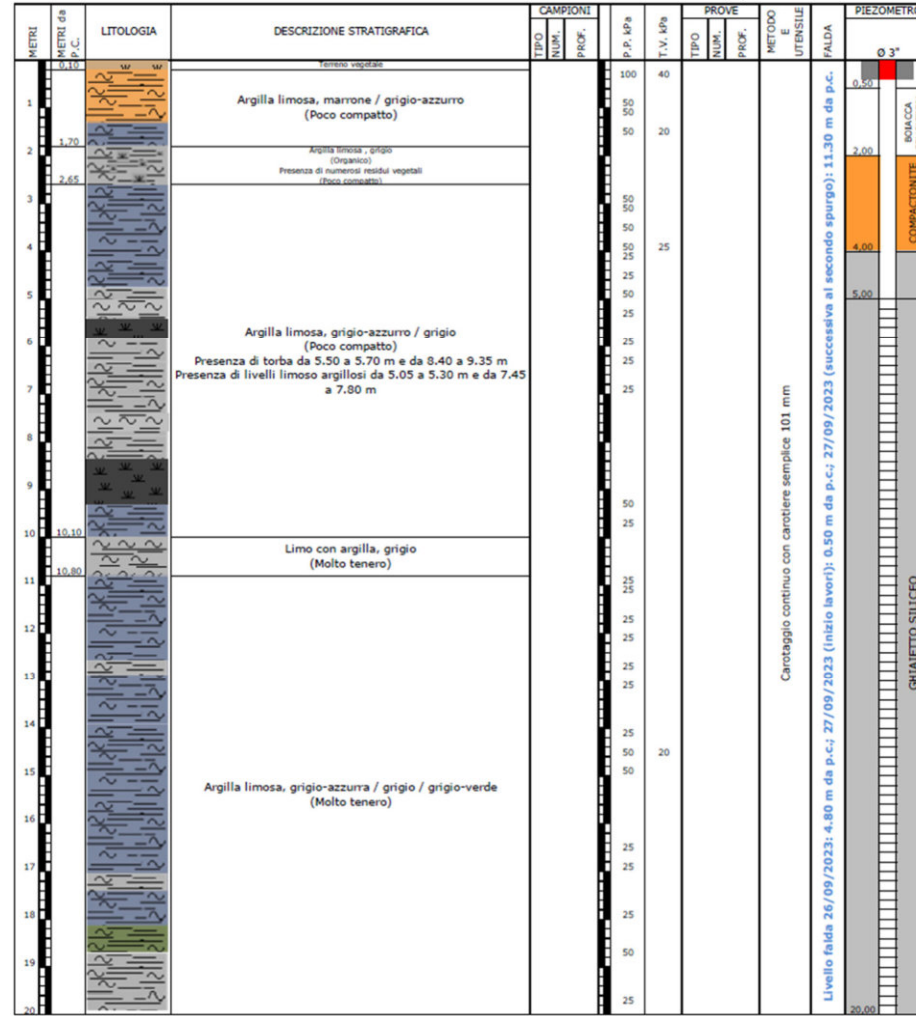


20 – 40 m

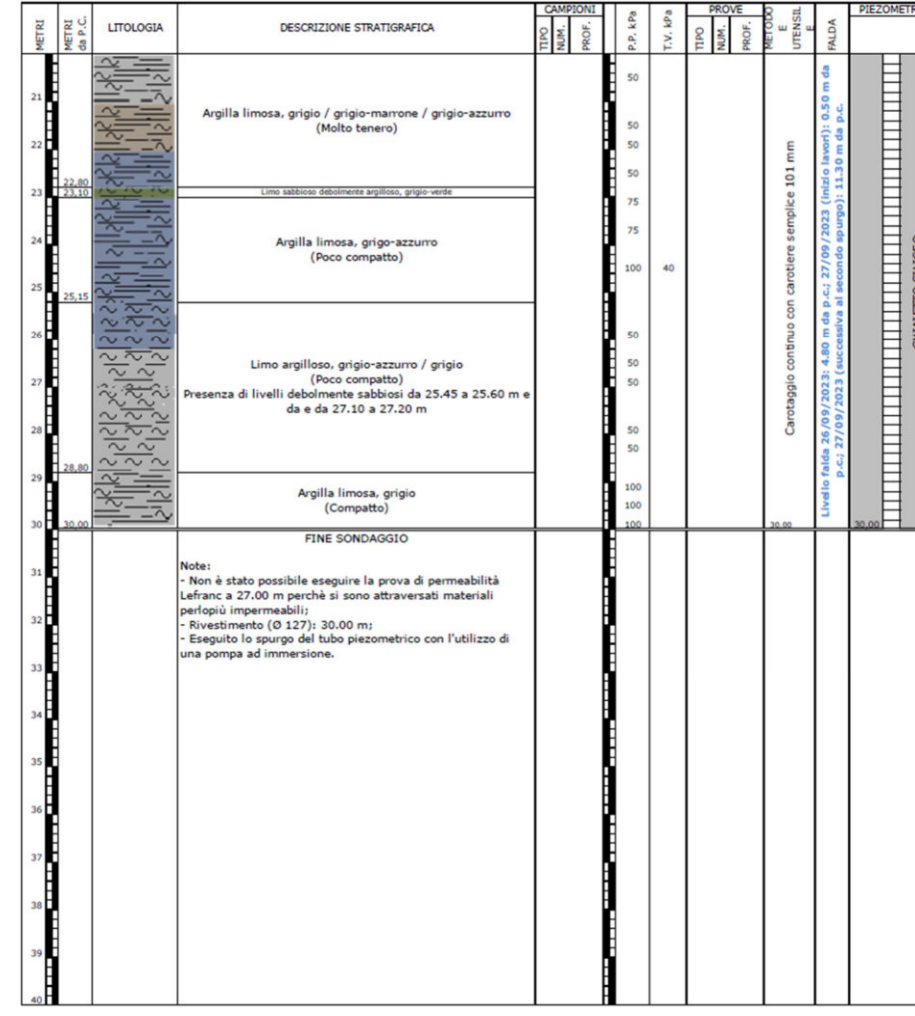
PZ39

Profondità: 31,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 31,00 m

Esecuzione: 13-19/06/2023



0 – 20 m

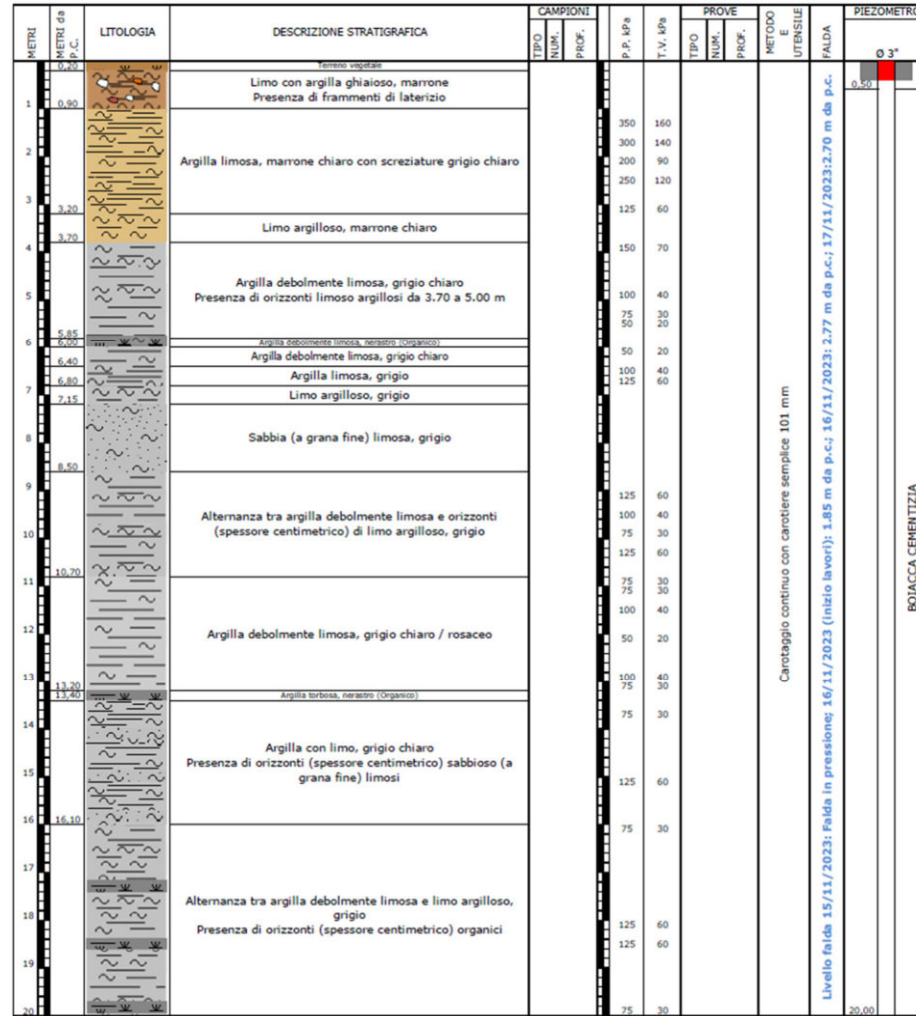


20 – 40 m

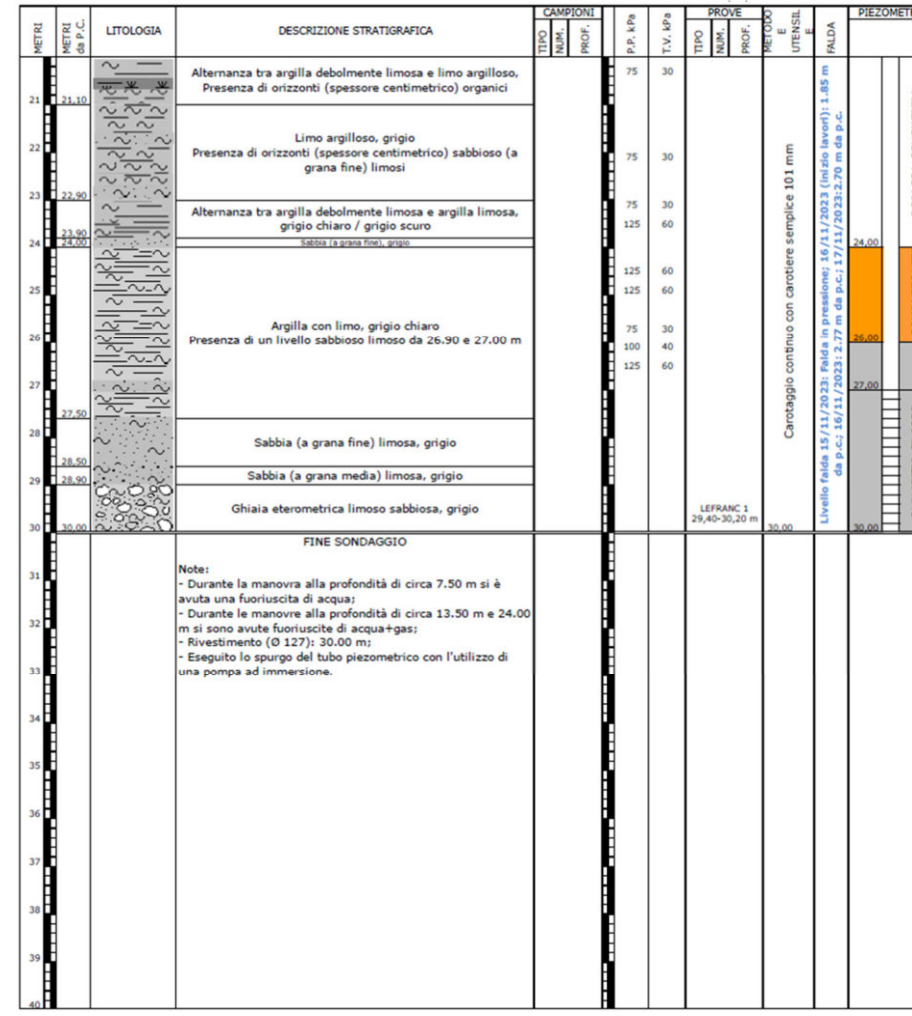
PZ40

Profondità: 30,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): 30,00 m

Esecuzione: 21-27/09/2023



0 – 20 m

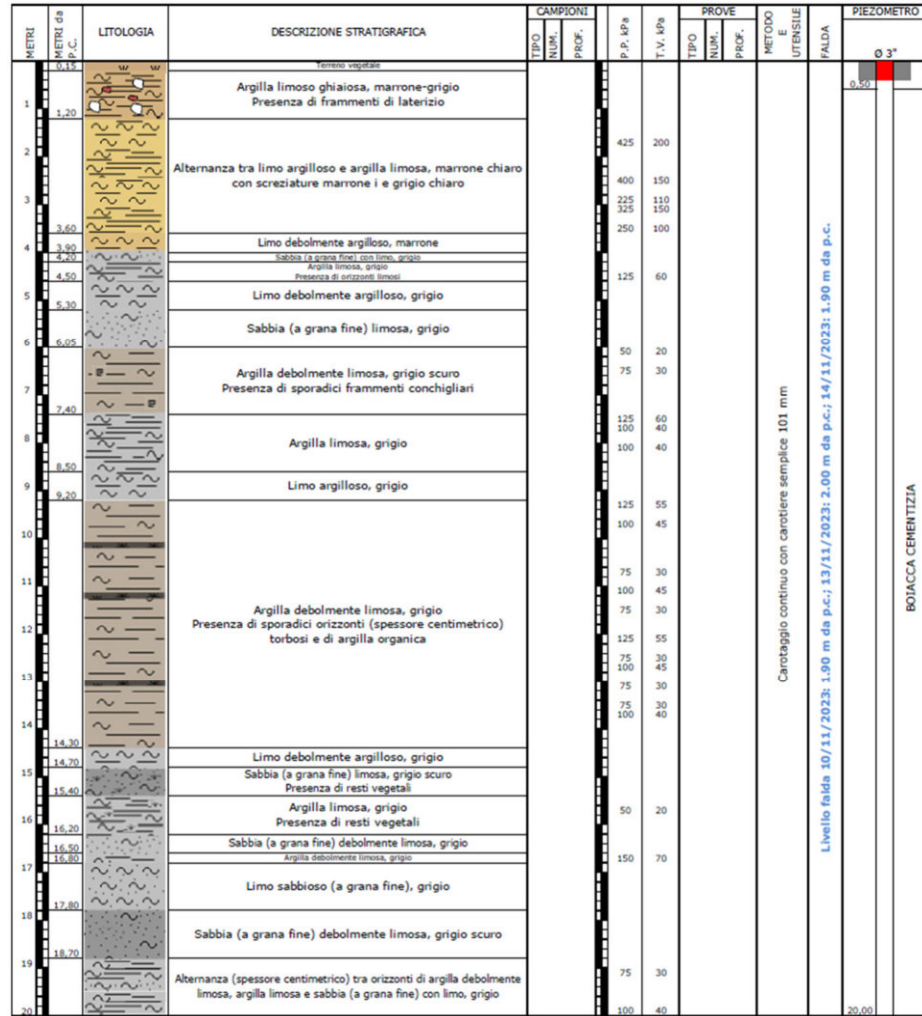


20 – 40 m

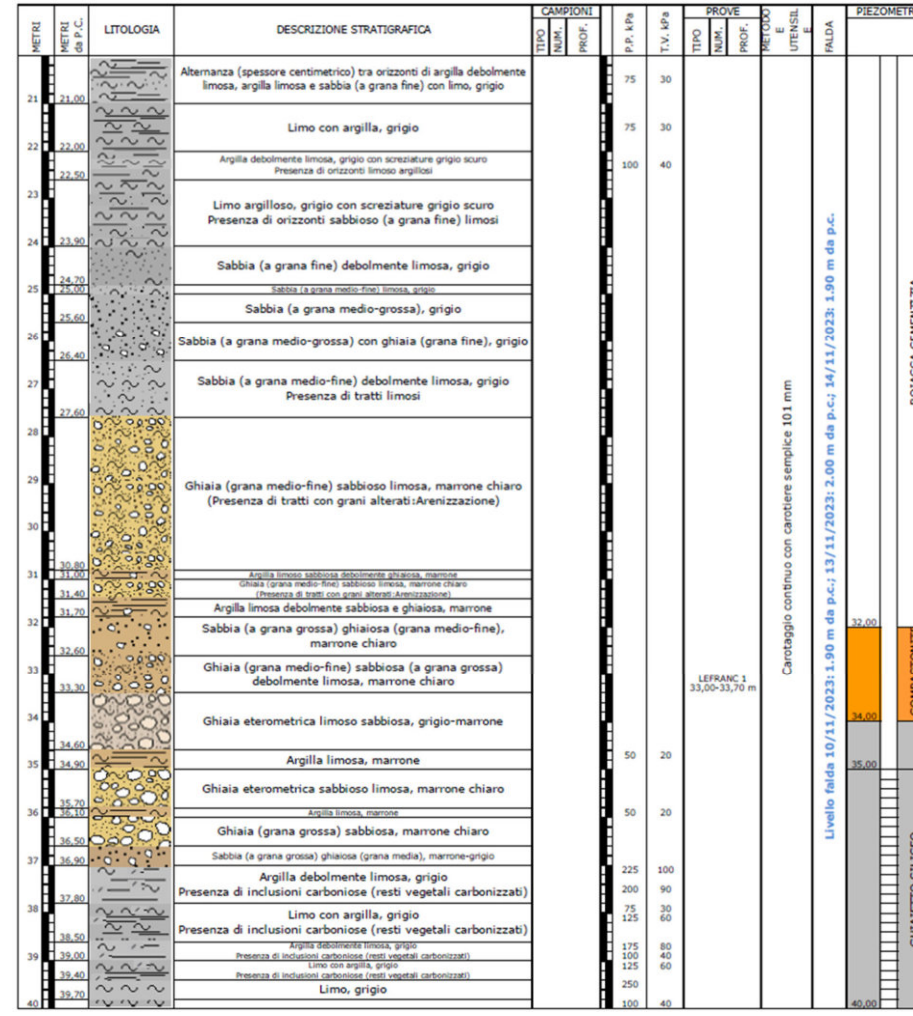
PZ41

Profondità: 30,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): -

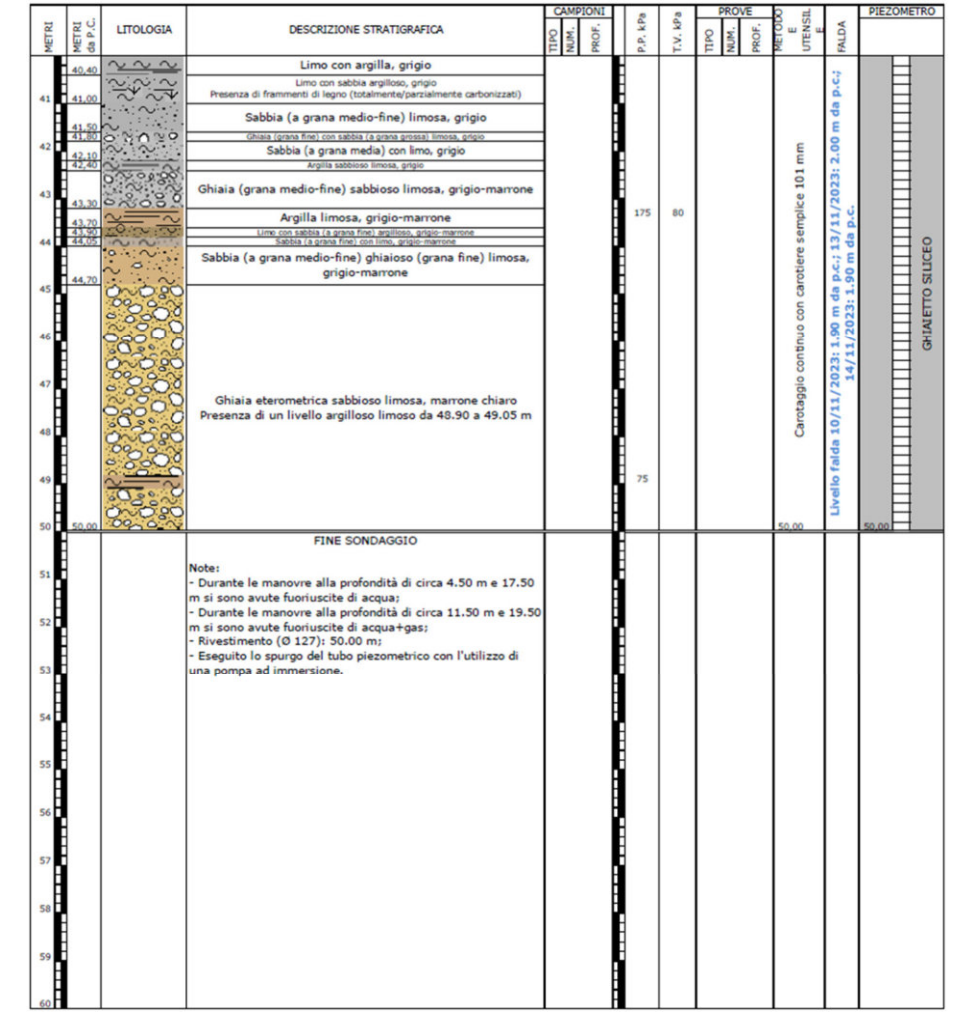
Esecuzione: 15-16/11/2023



0 – 20 m



20 – 40 m



40-60 m

PZ42

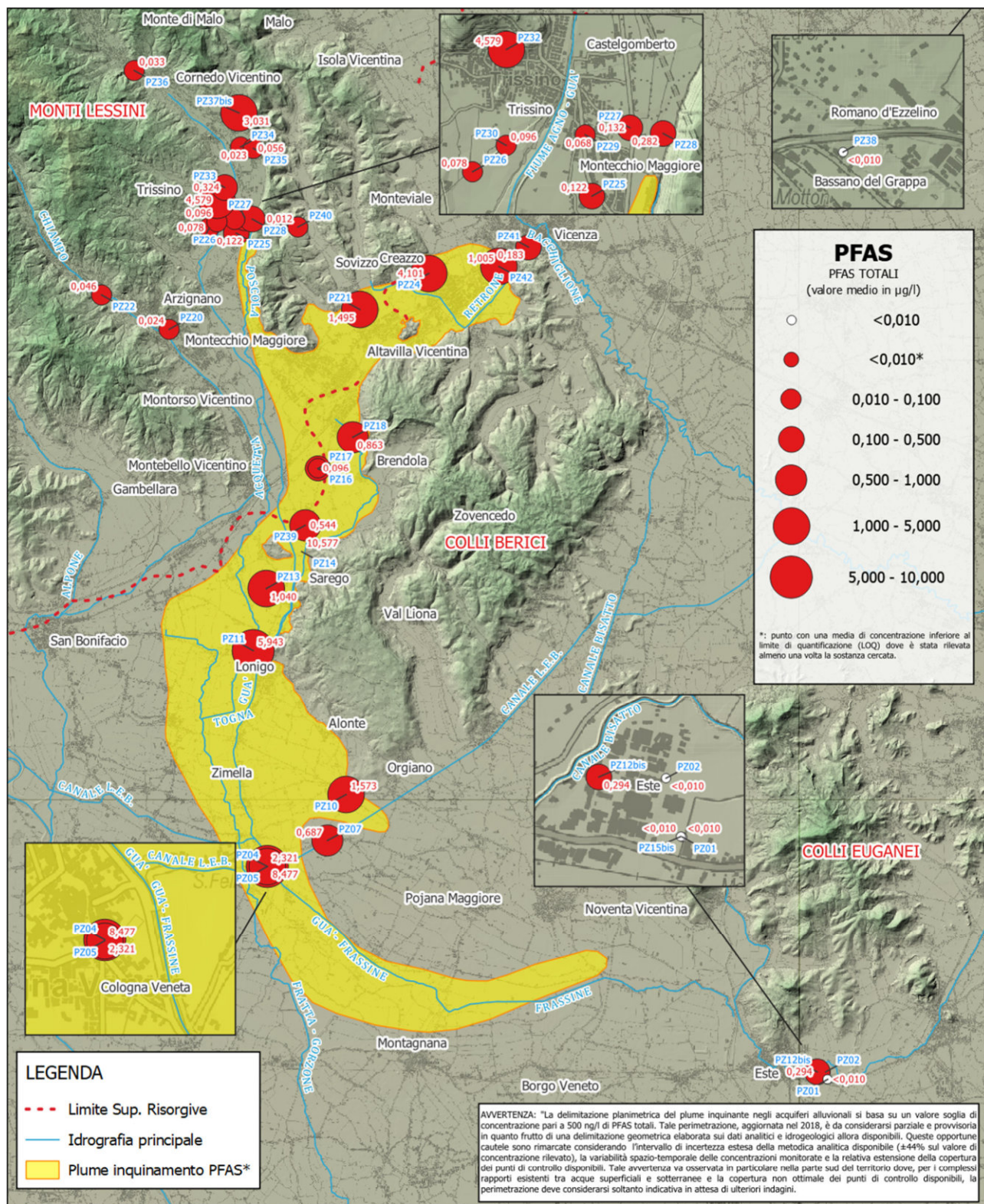
Profondità: 50,00 m
Rivestimento (Ø 152 mm): -

Esecuzione: 09-14/11/2023

ALLEGATO B

DISTRIBUZIONE SPECIFICA DELLE SOSTANZE PERFLUOROALCHILICHE NELLA RETE DI
MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE CONT_PFAS

ANNO 2024



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

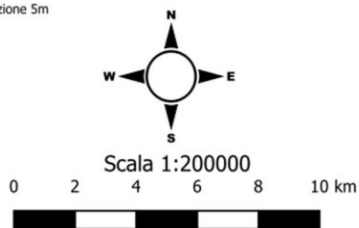
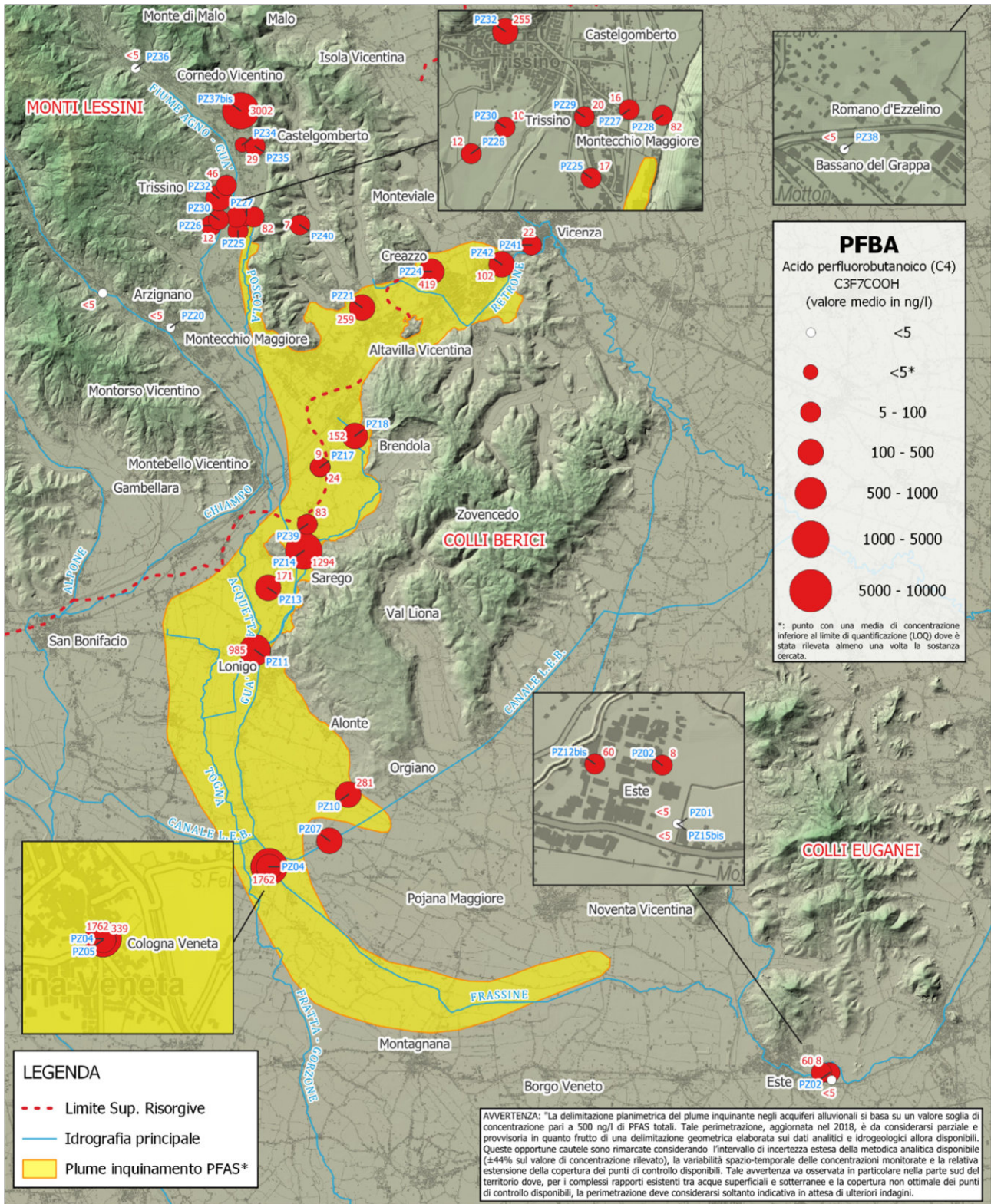


FIG. 1
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFAS
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFAS totali nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in µg/l di PFAS relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

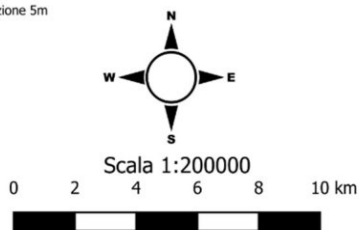
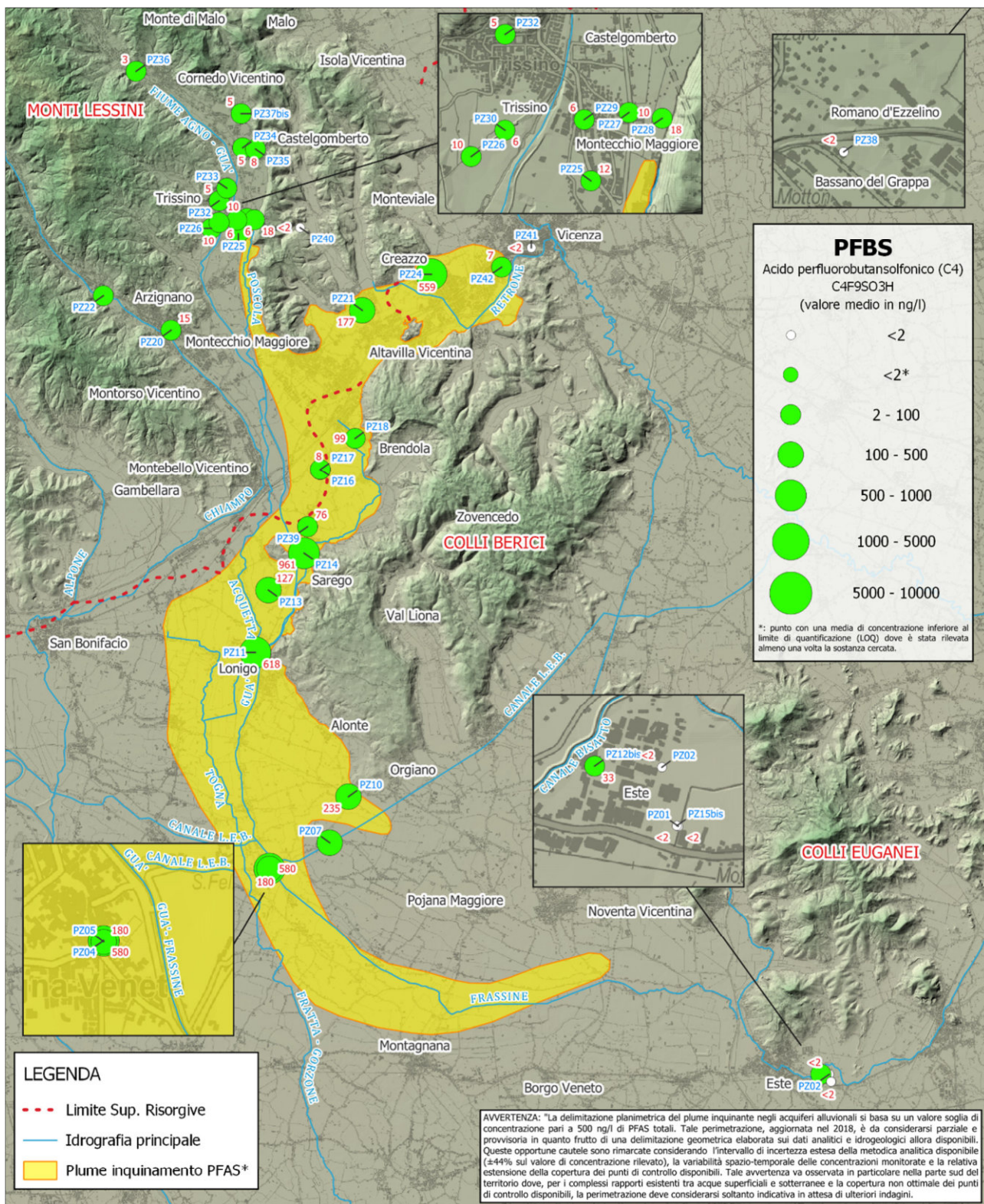


FIG. 2
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFBA
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFBA nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFBA relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

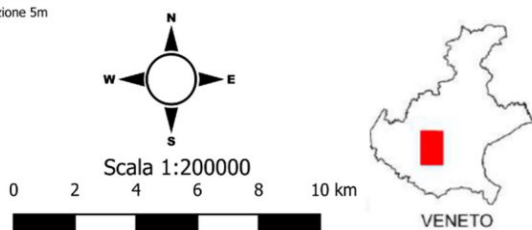
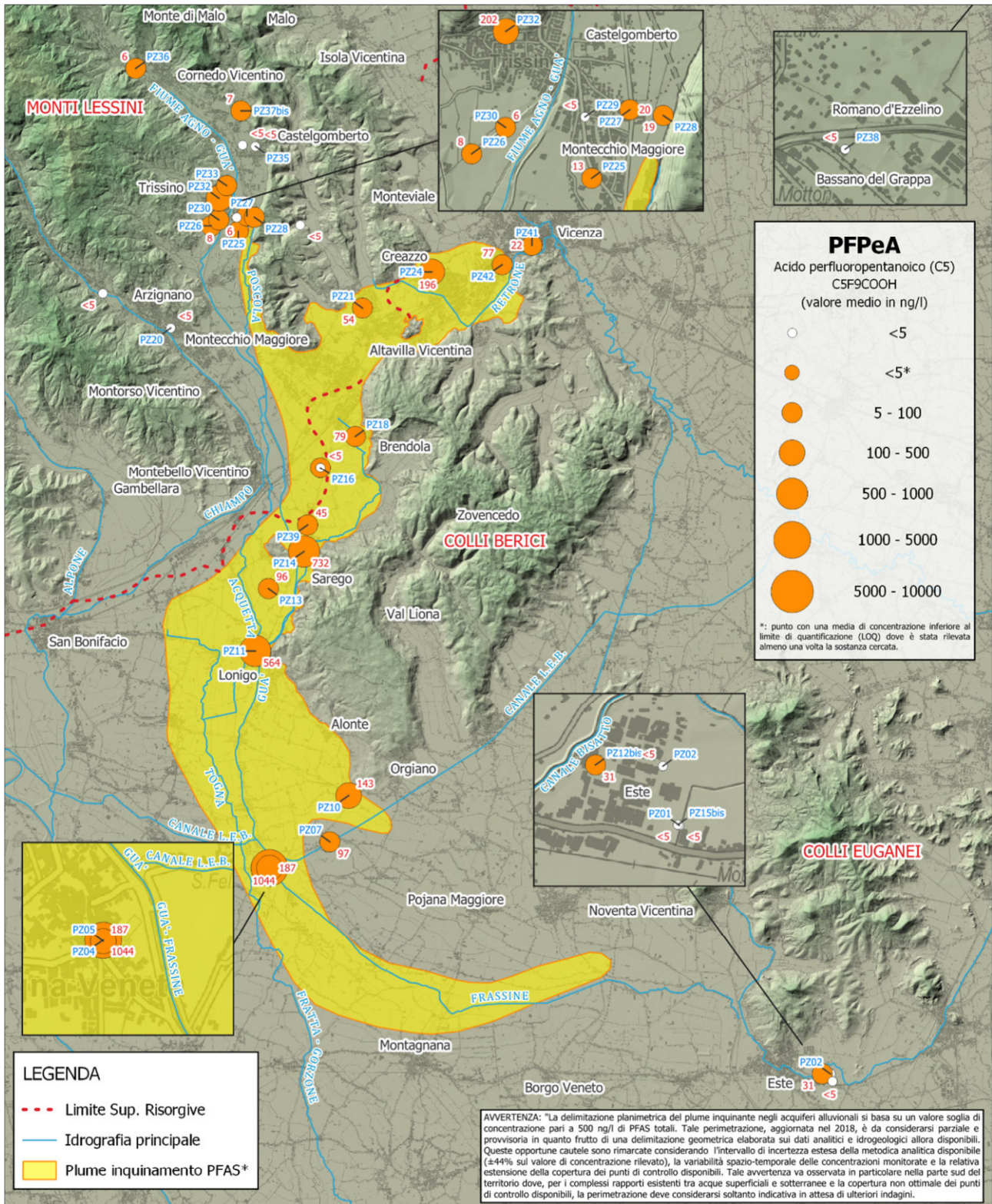


FIG. 3
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFBS
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFBS nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFBS relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

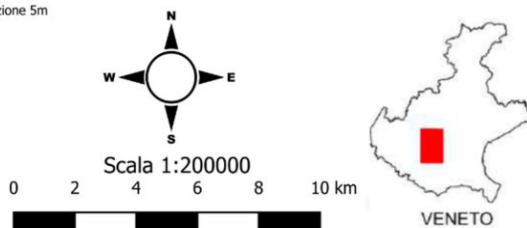
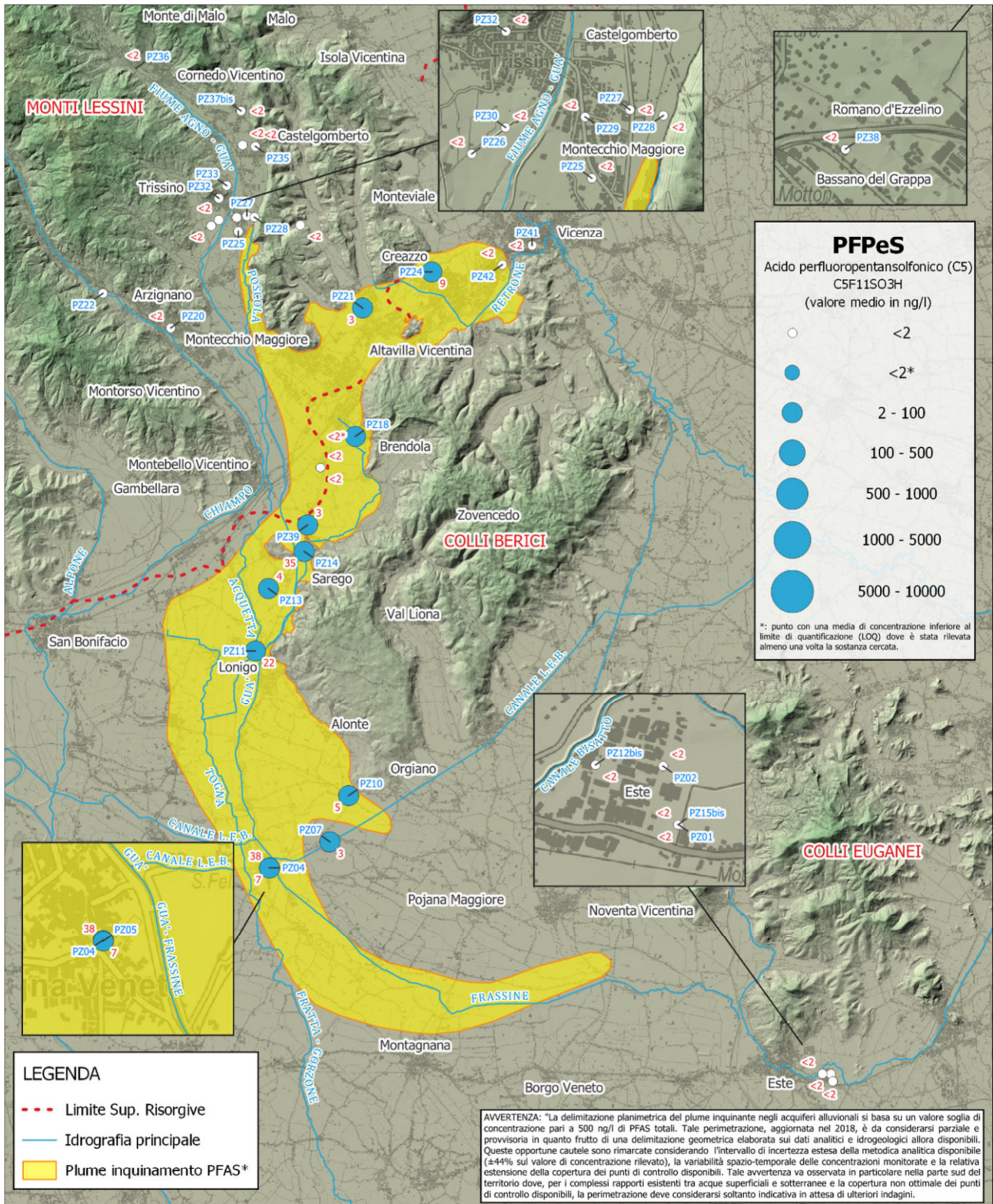


FIG. 4
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFPeA
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFPeA nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFPeA relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

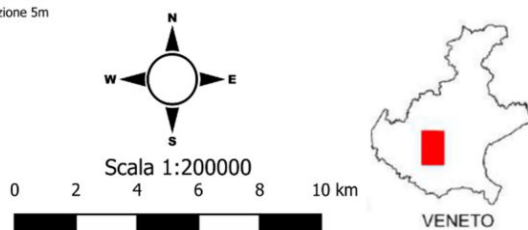
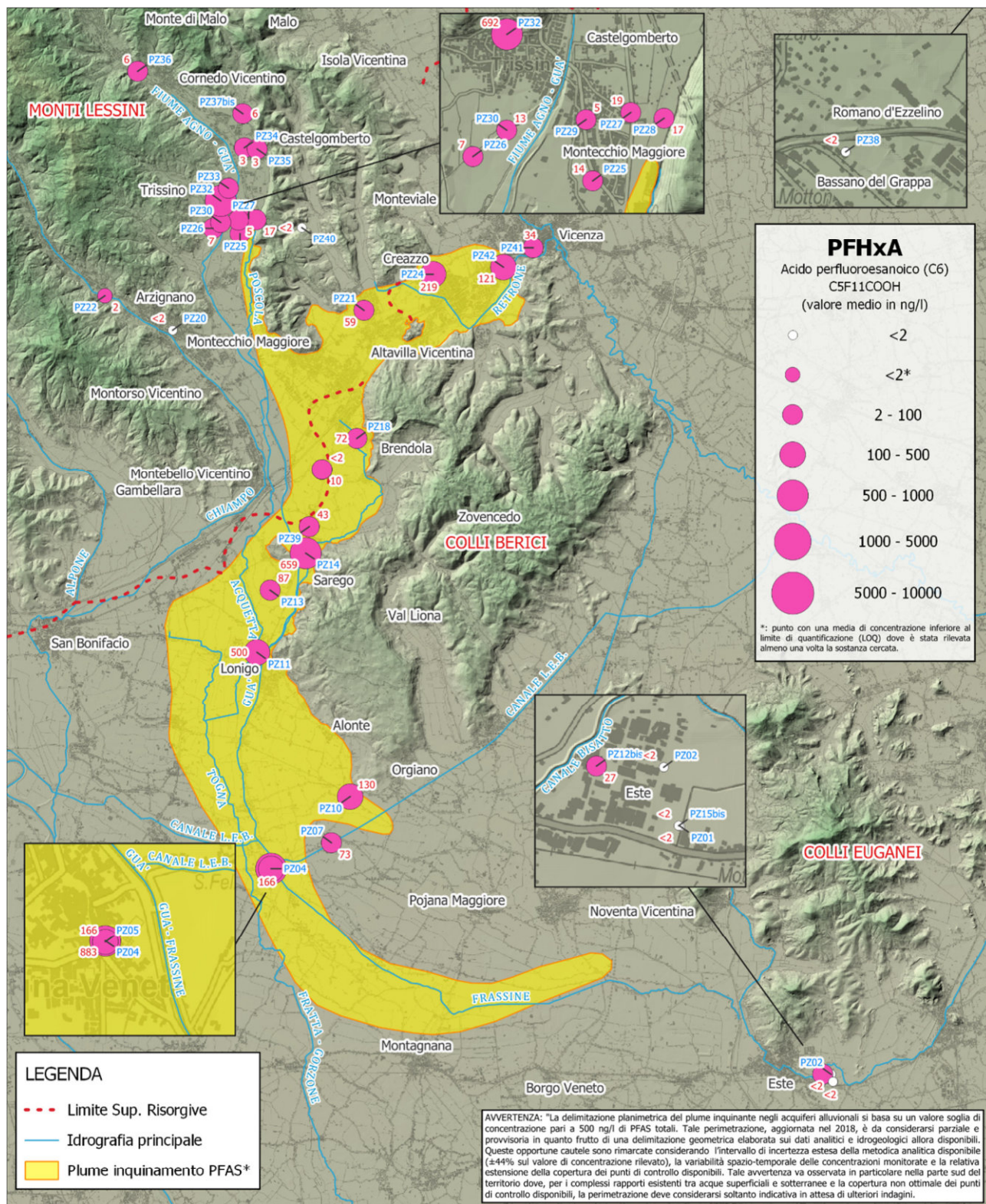


FIG. 5
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PPFES
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PPFes nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PPFes relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

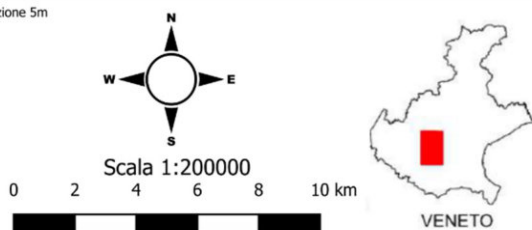
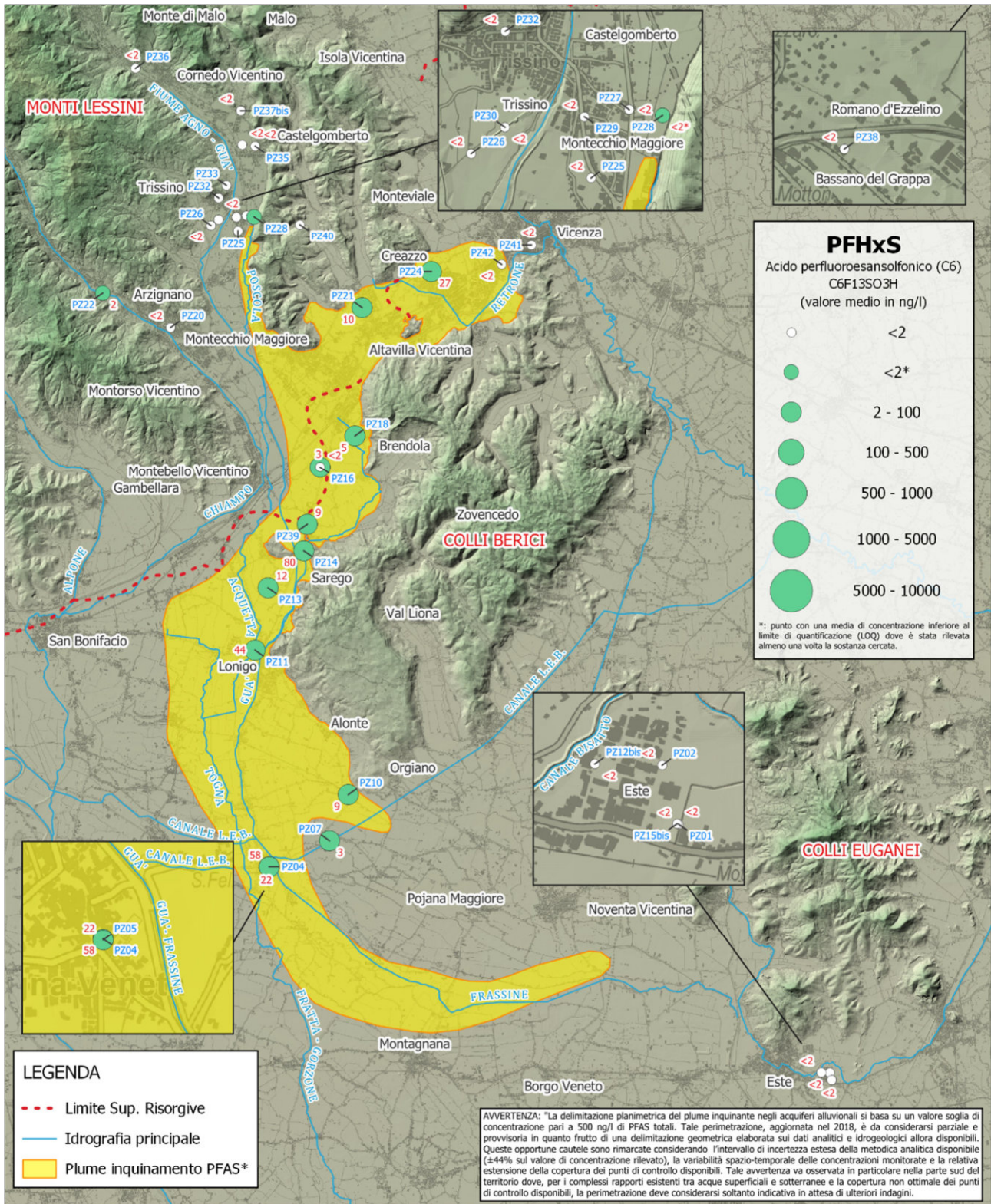


FIG. 6
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFHxA
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFHxA nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFHxA relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

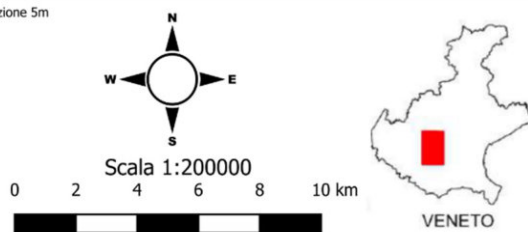
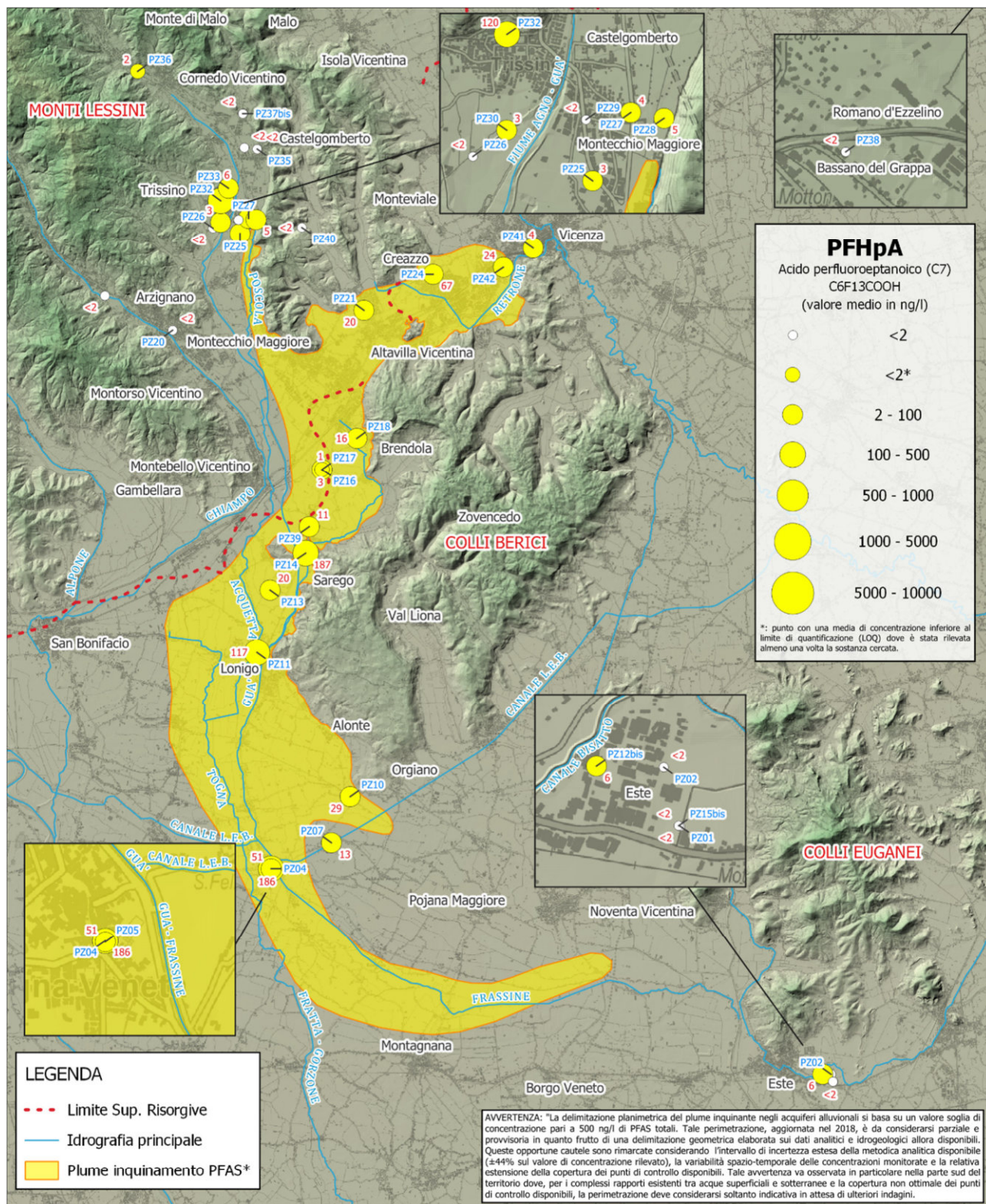


FIG. 7
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFHxS
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFHxS nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFHxS relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

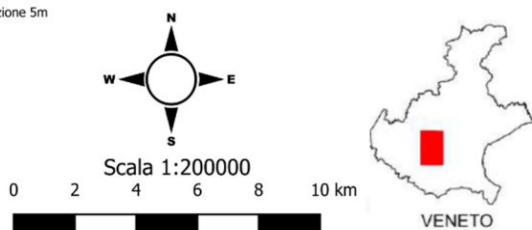
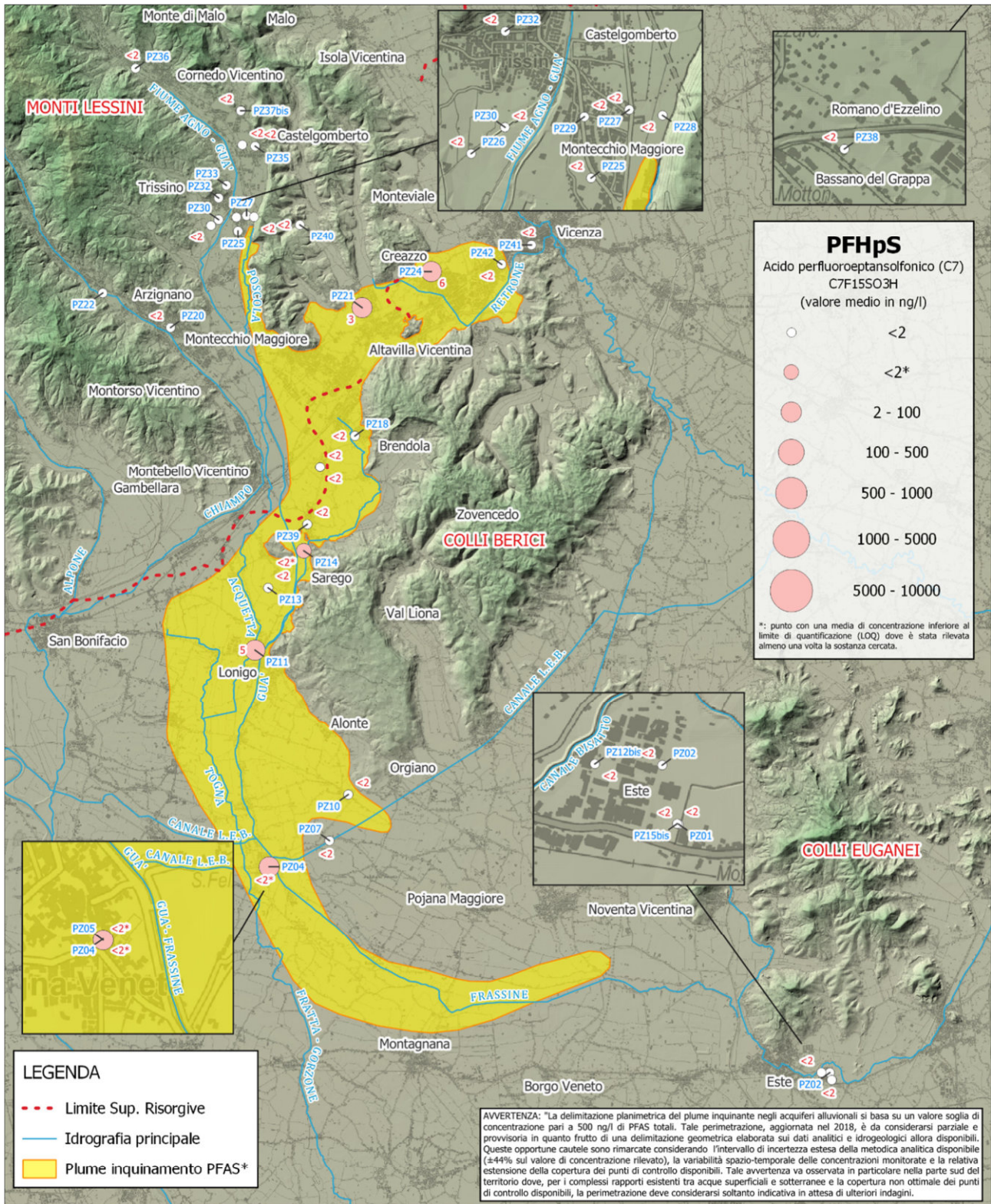


FIG. 8
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFHpa
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFHpa nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFHpa relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

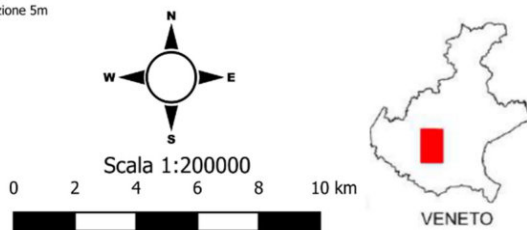
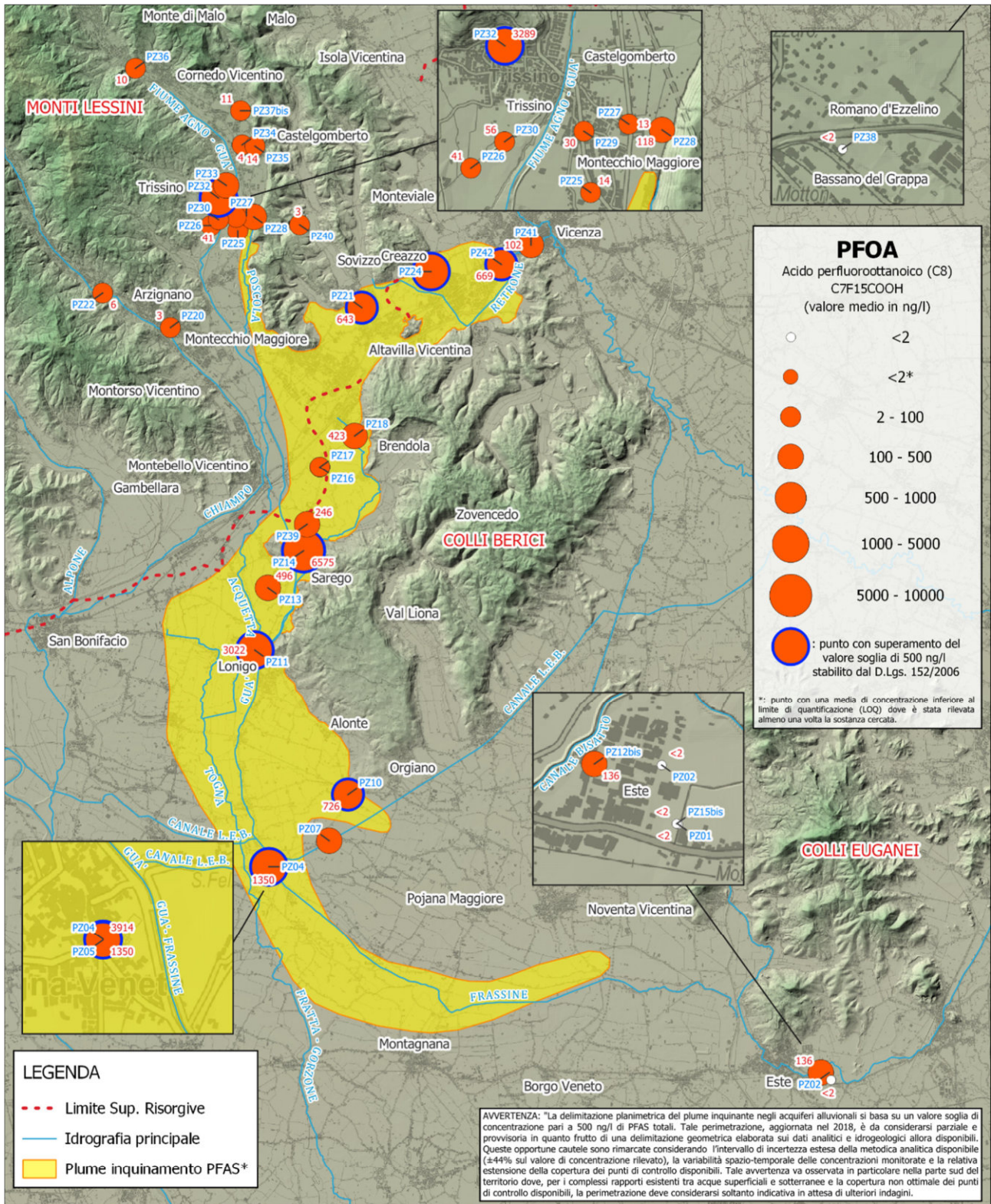


FIG. 9
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFHPS
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFHPS nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFHPS relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

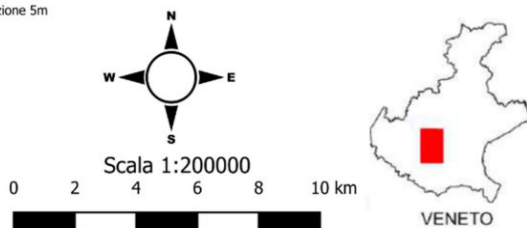
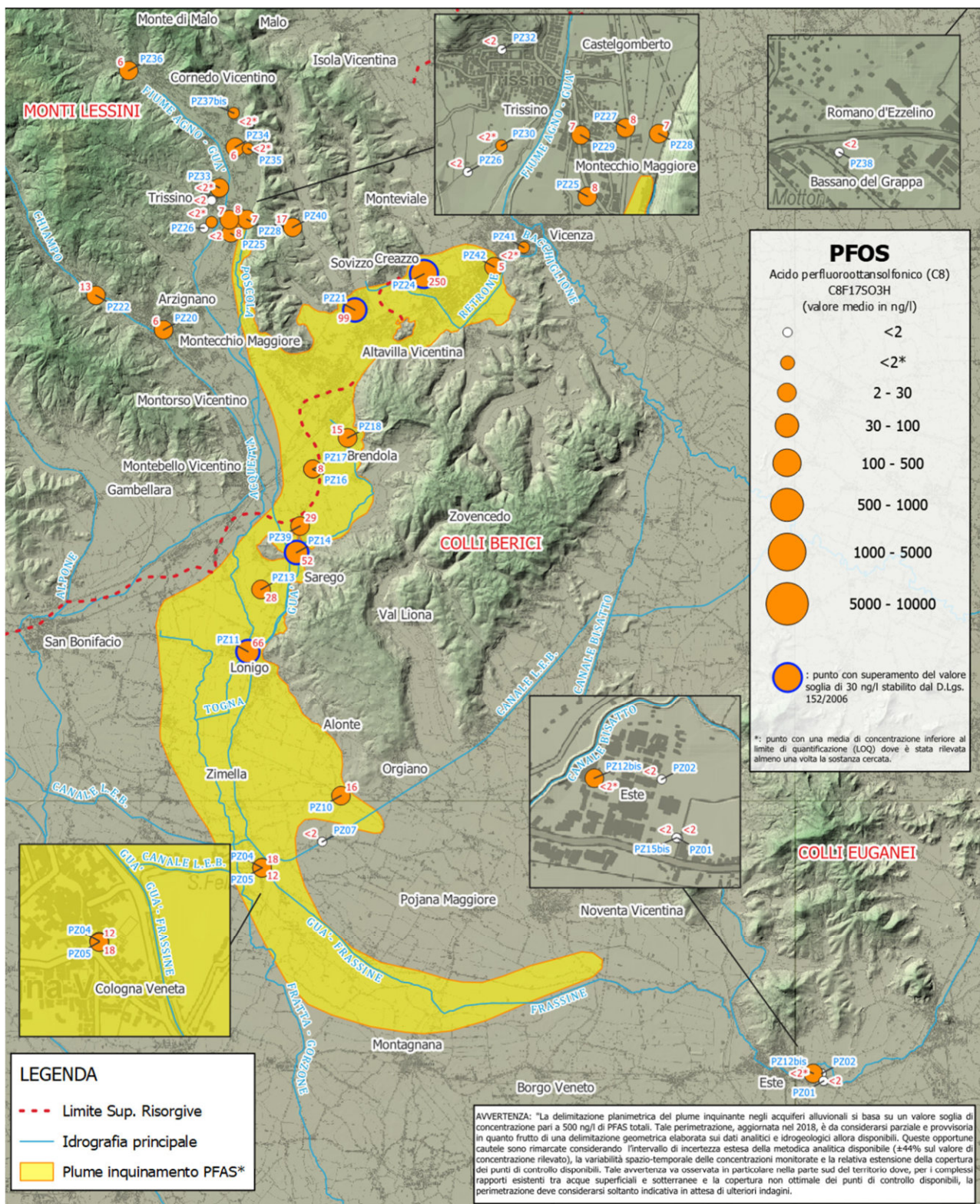


FIG. 10
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFOA
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFOA nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFOA relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

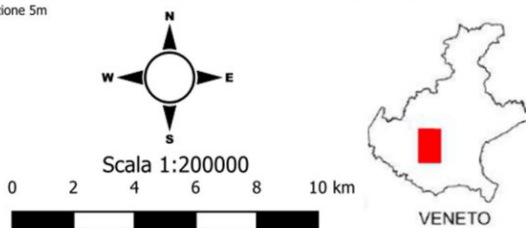
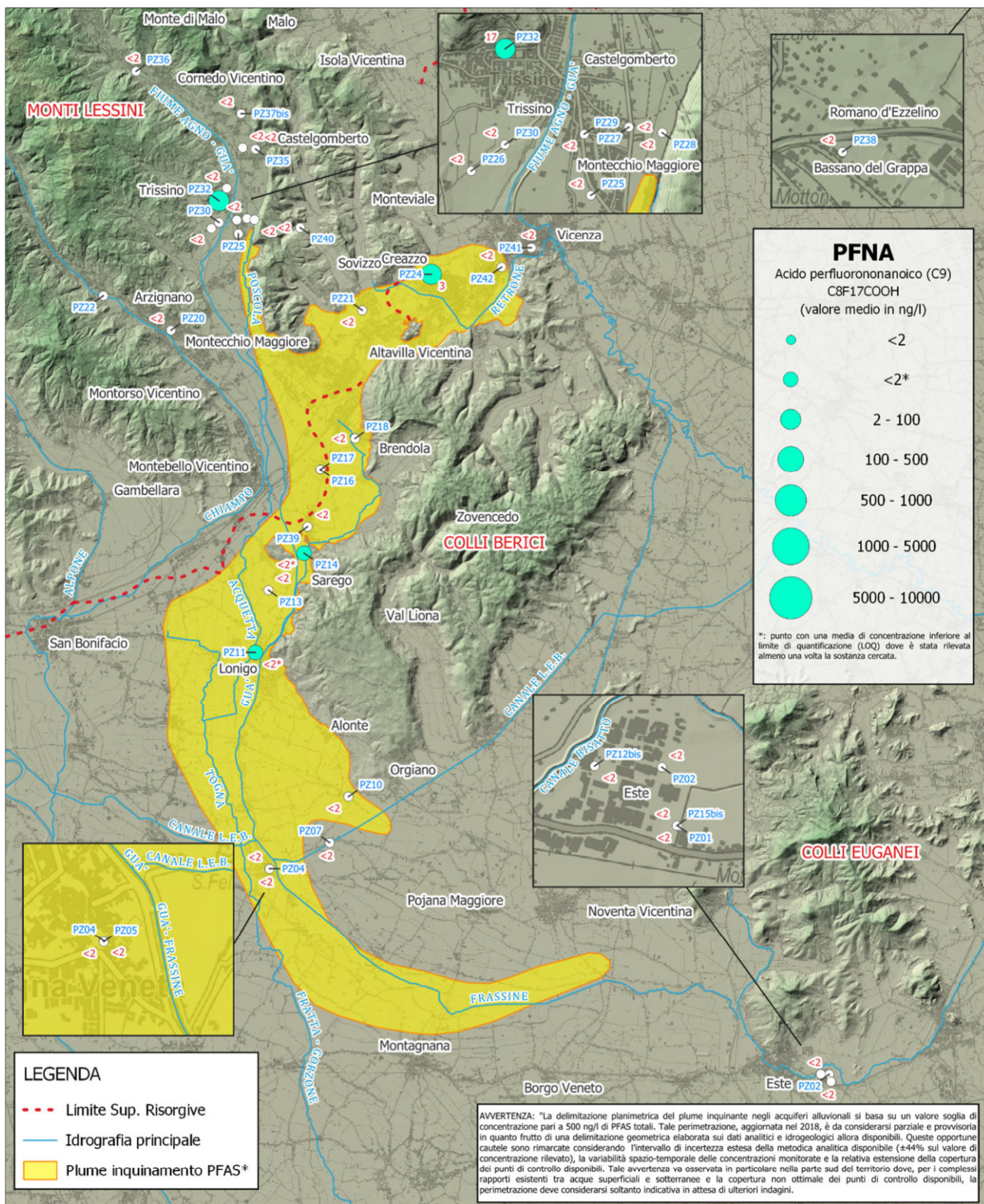


FIG. 11
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFOS
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFOS nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFOS relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

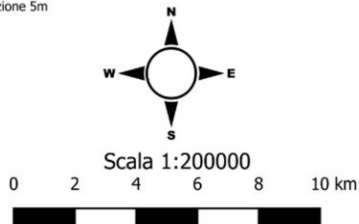
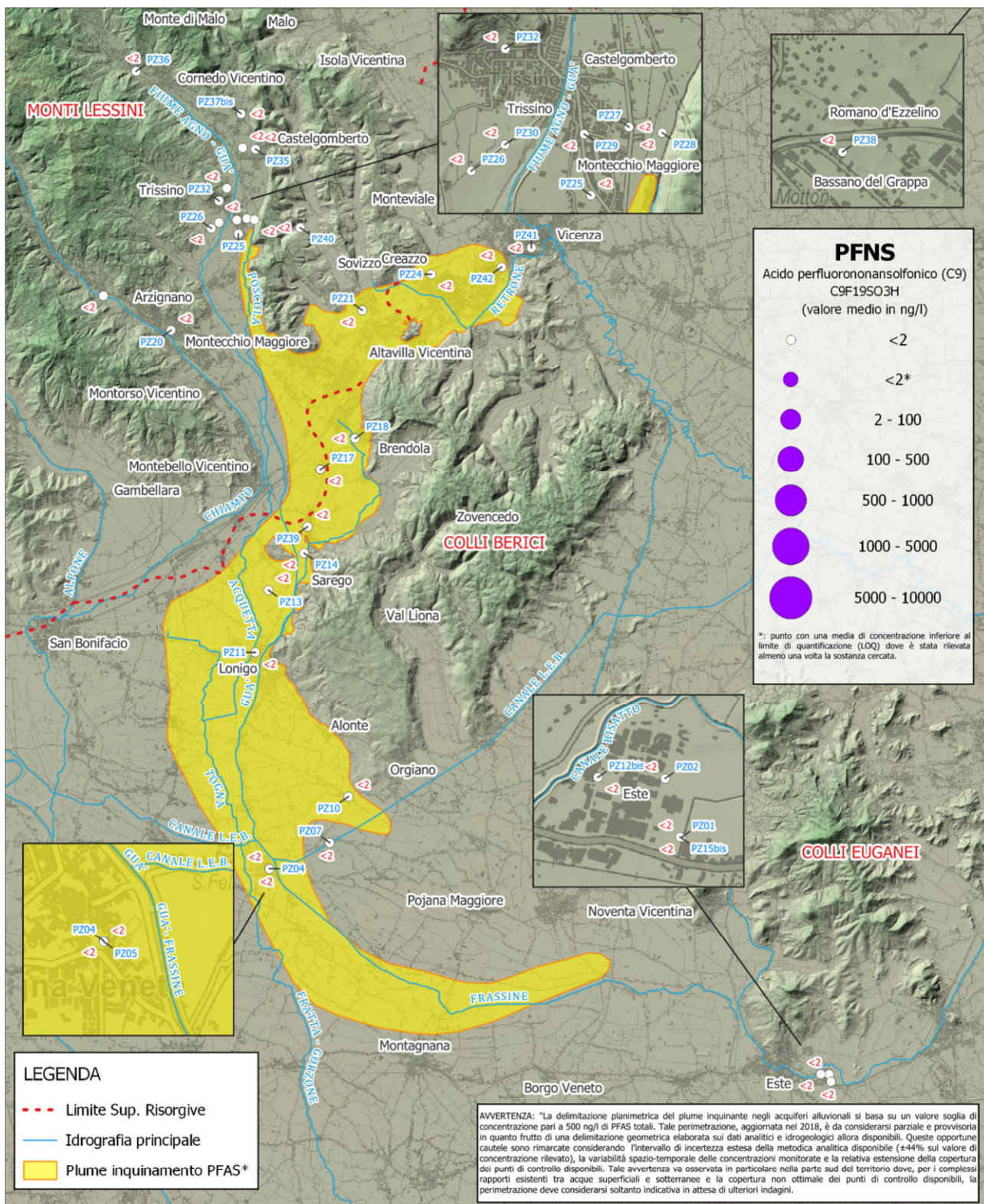


FIG. 12
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFNA
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFNA nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFNA relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

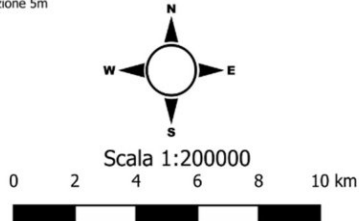
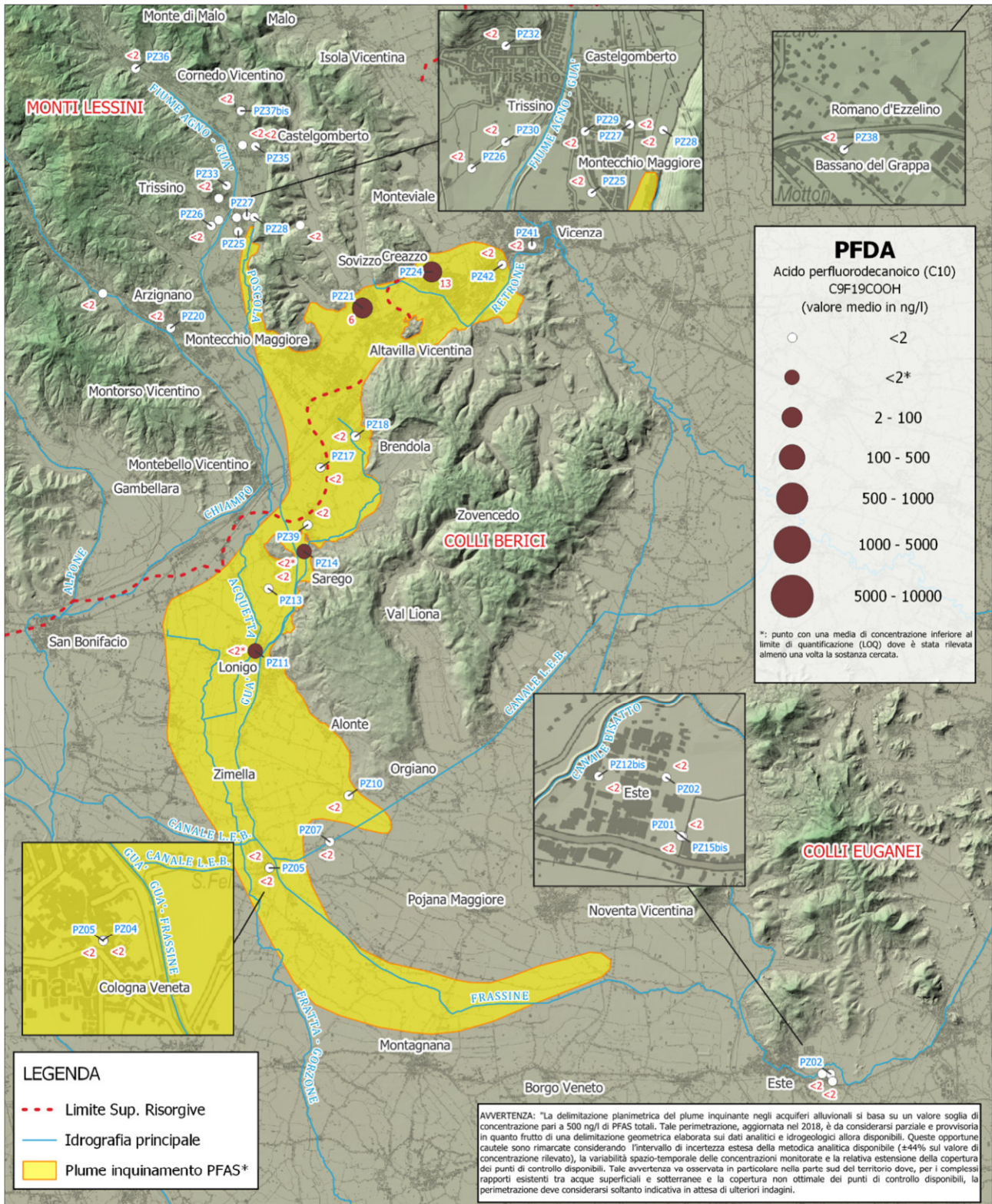


FIG. 13
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFNS
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFNS nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFNS relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

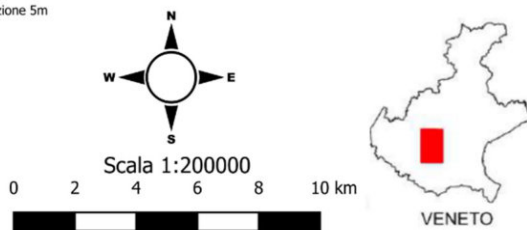
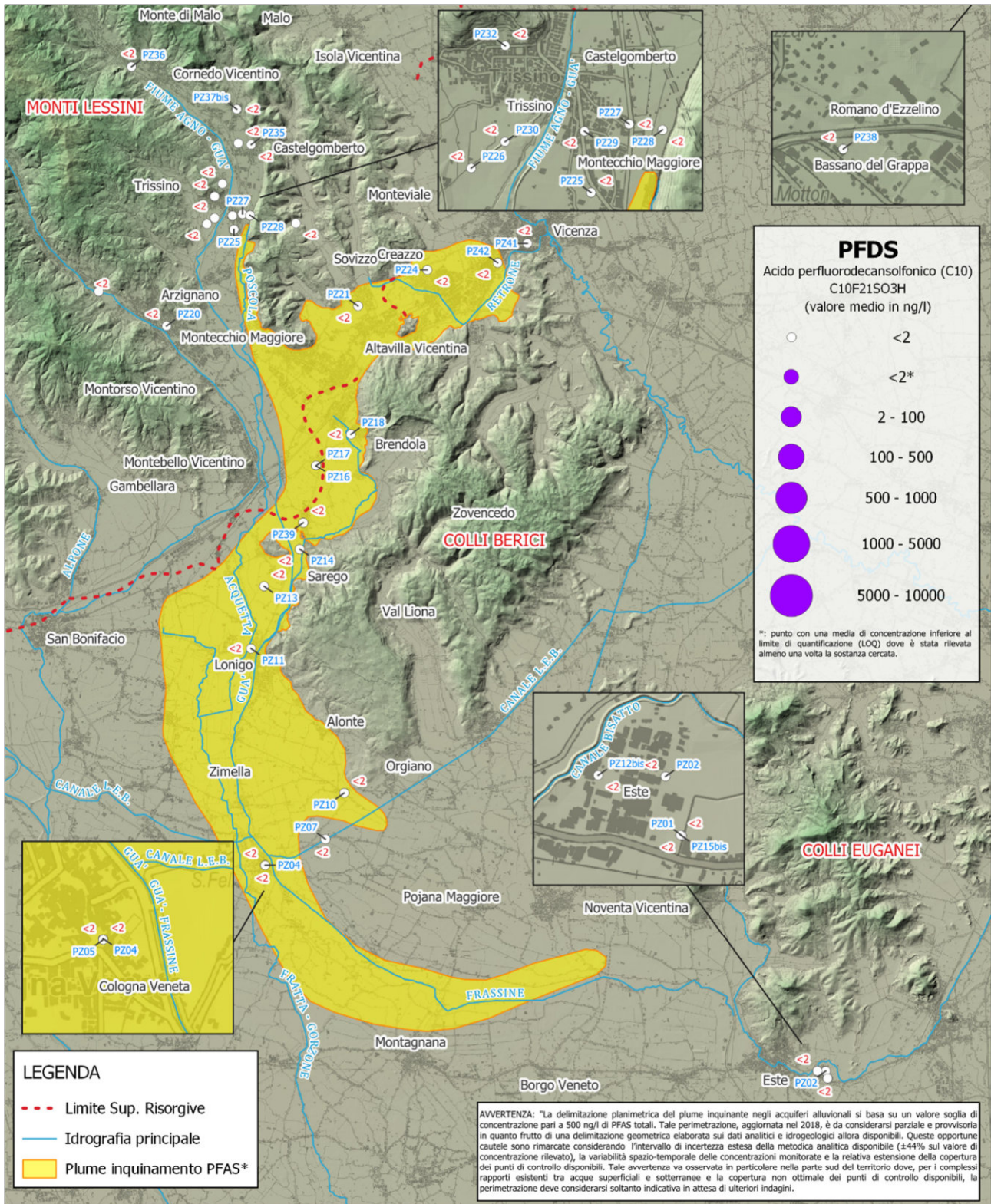


FIG. 14
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFDA
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFDA nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFDA relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

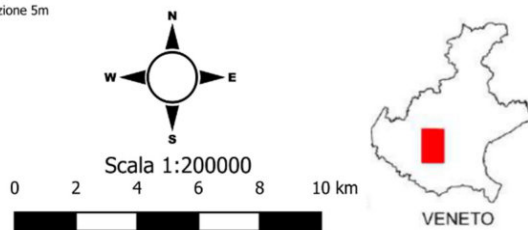
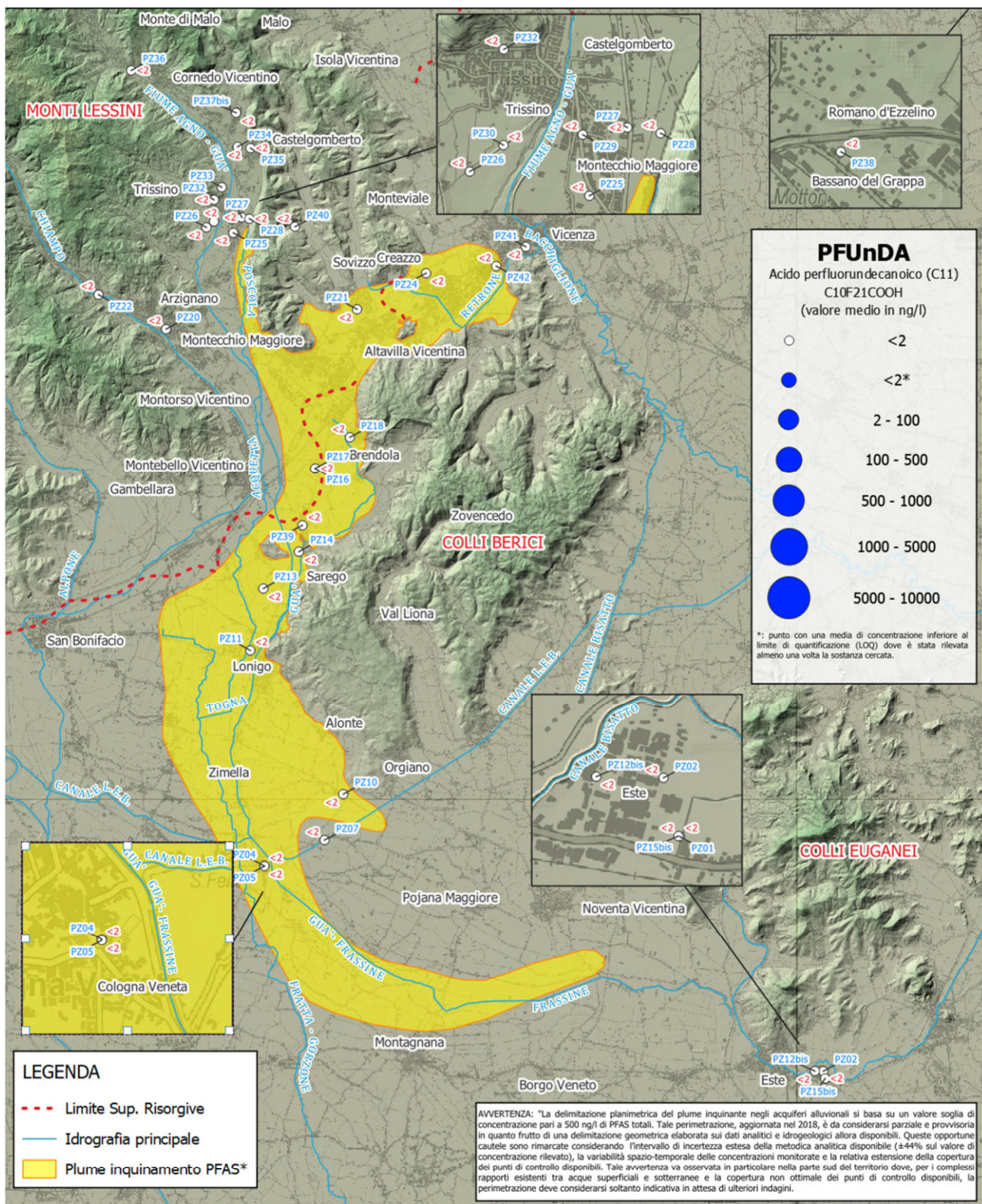


FIG. 15
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFDS
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFDS nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFDS relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

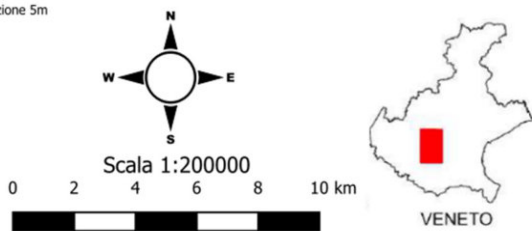
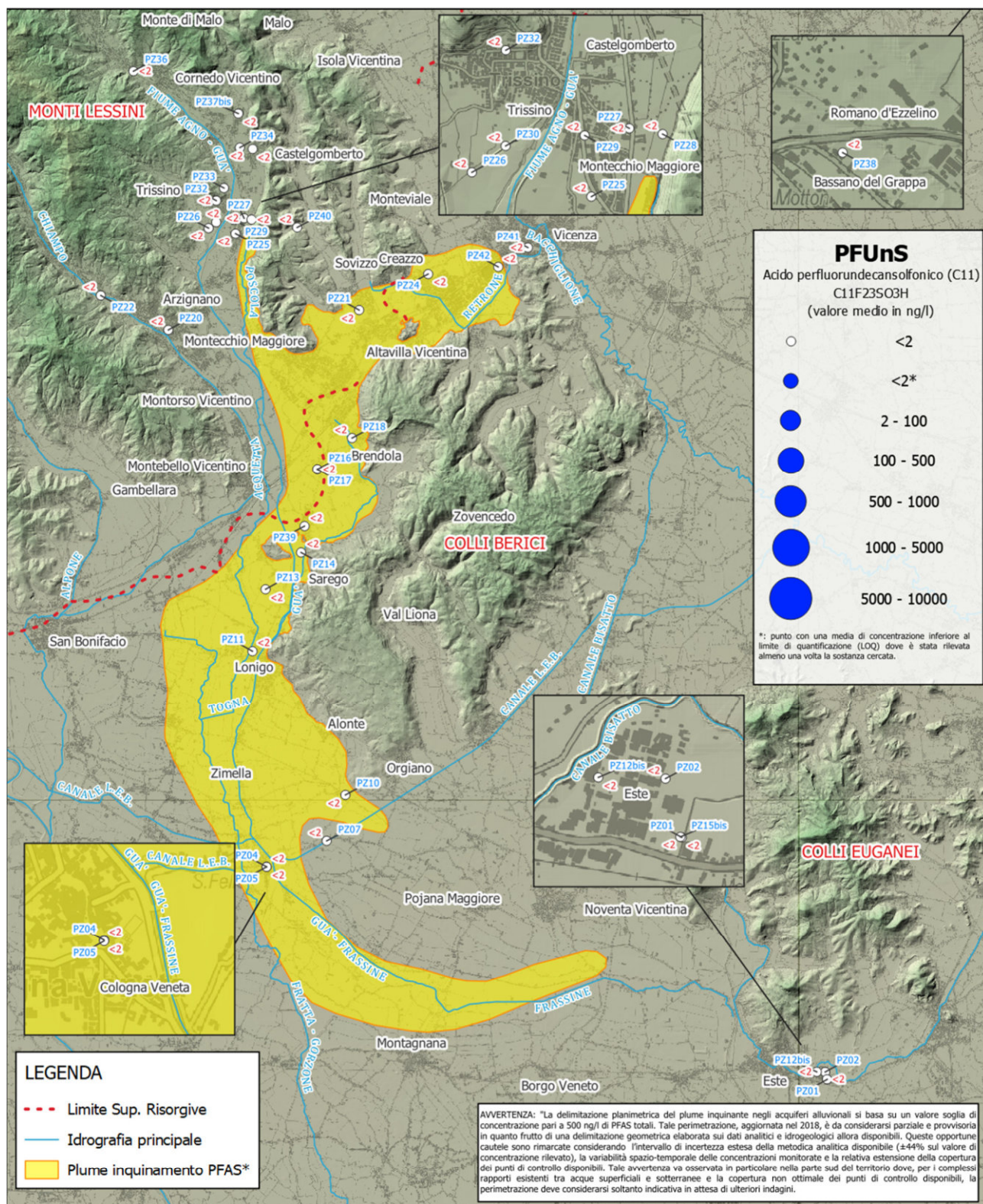


FIG. 16
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFUnDA
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFUnDA nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFUnDA relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

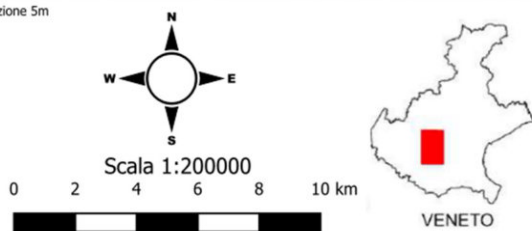
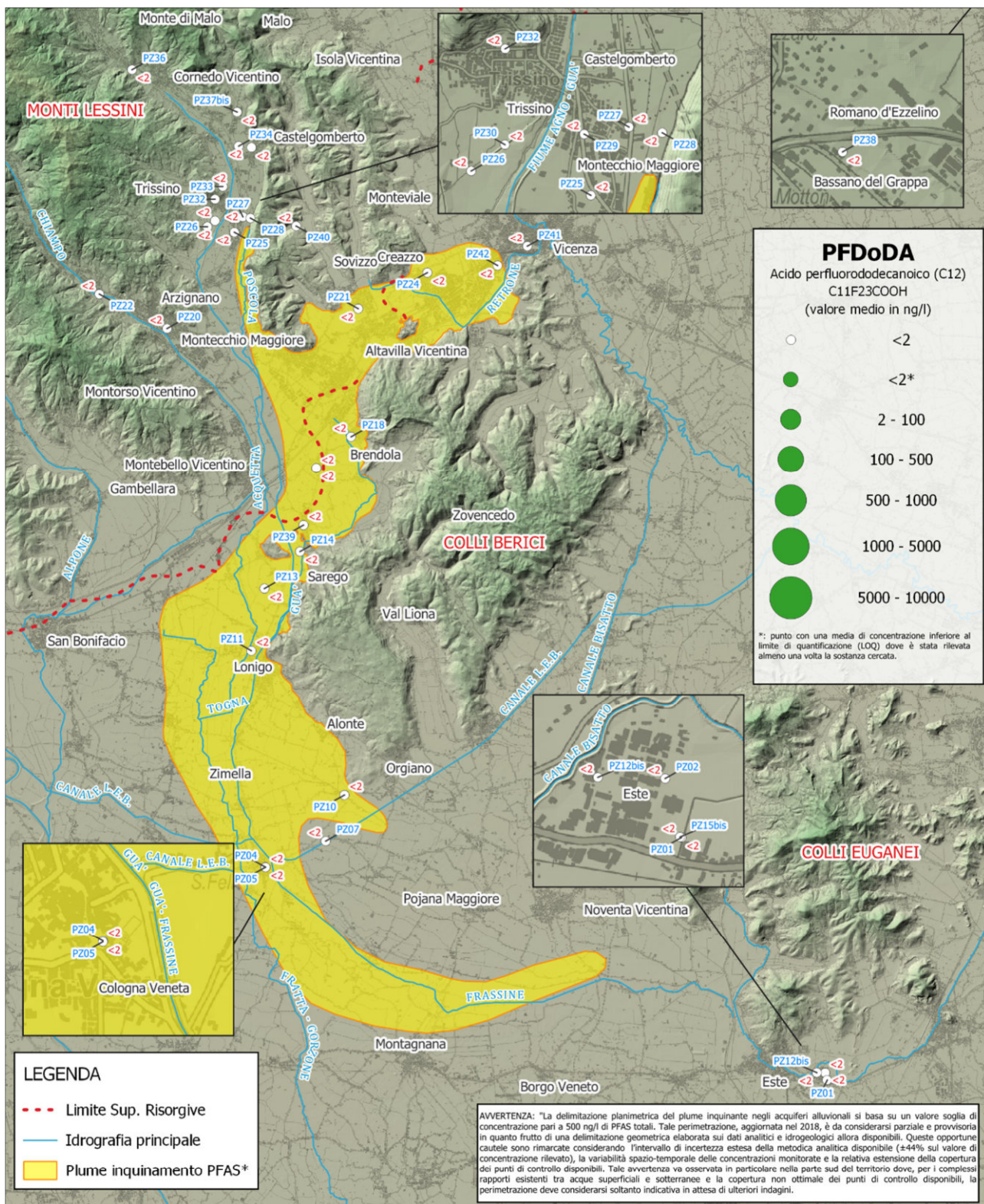


FIG. 17
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFUnS
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFUnS nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFUnS relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

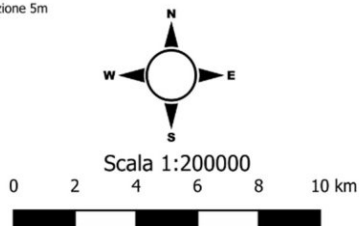
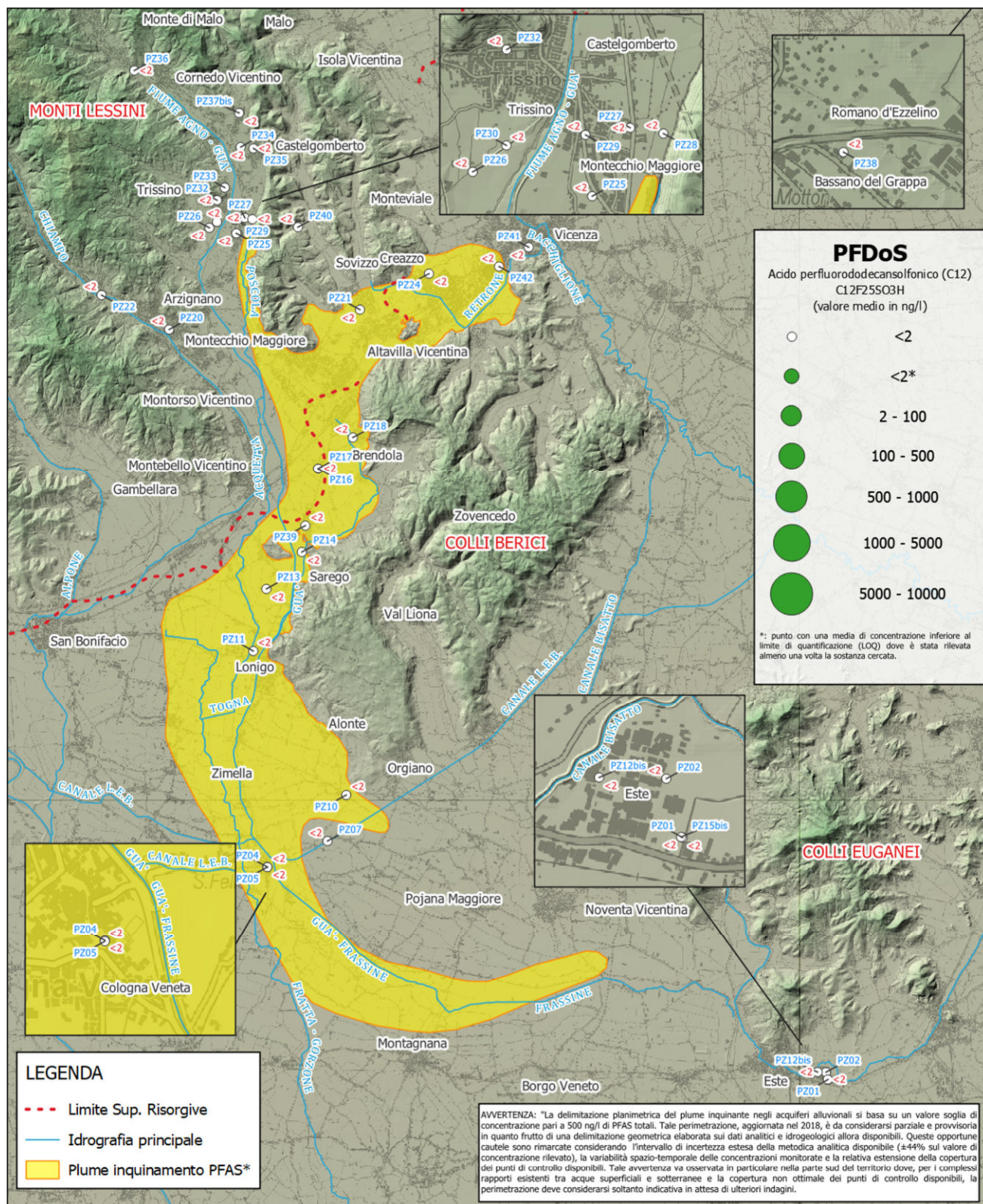


FIG. 18
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFD_oDA
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFD_oDA nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFD_oDA relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

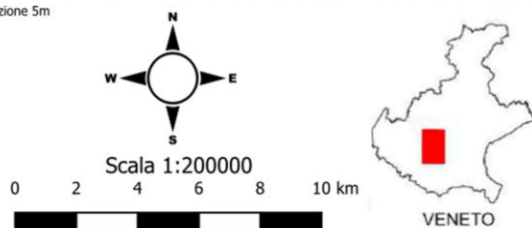
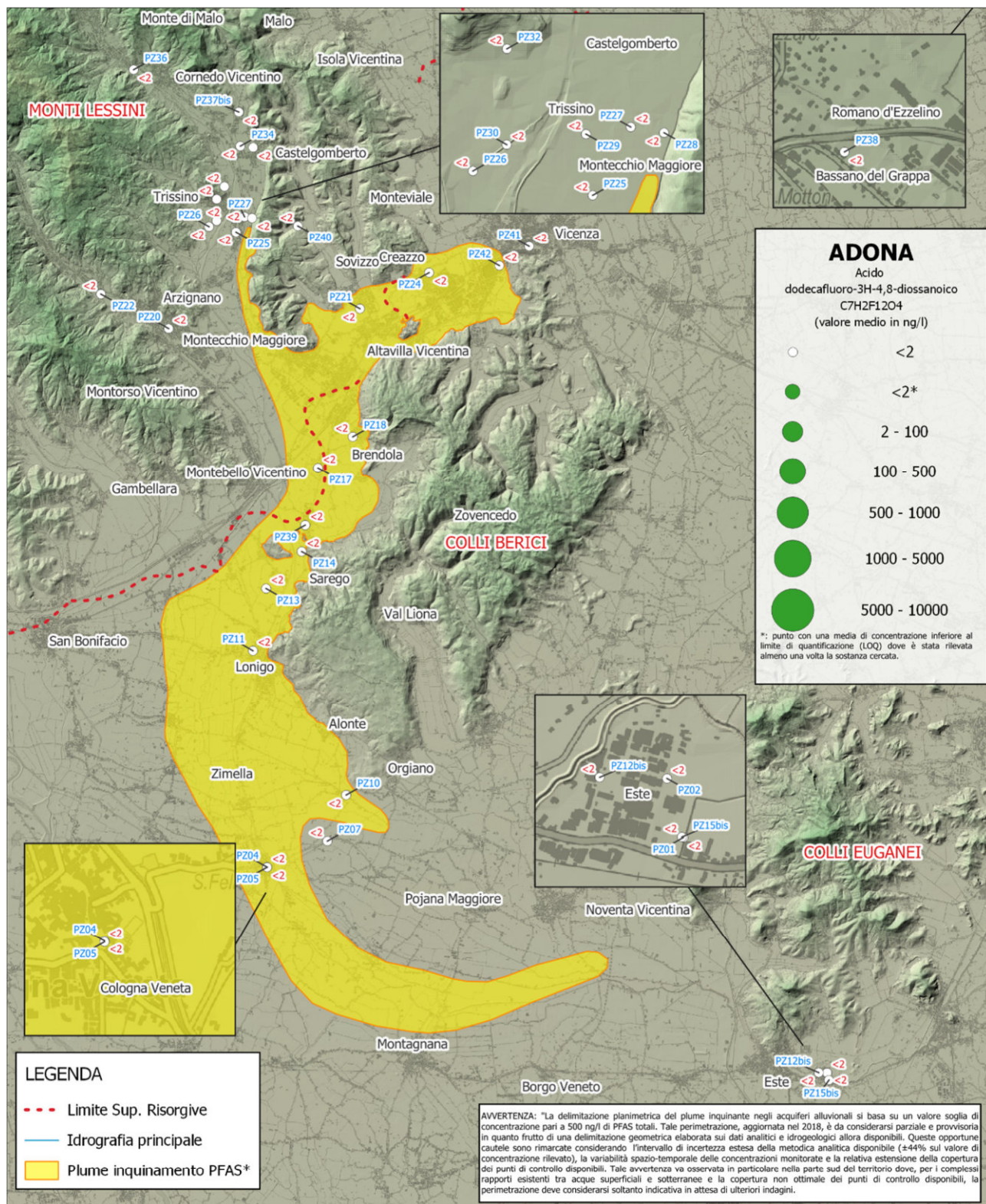


FIG. 19
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFDoS
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFDoS nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFDoS relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
 Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

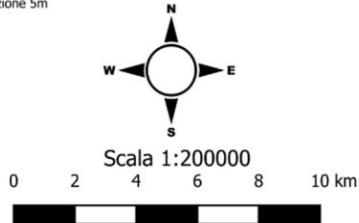
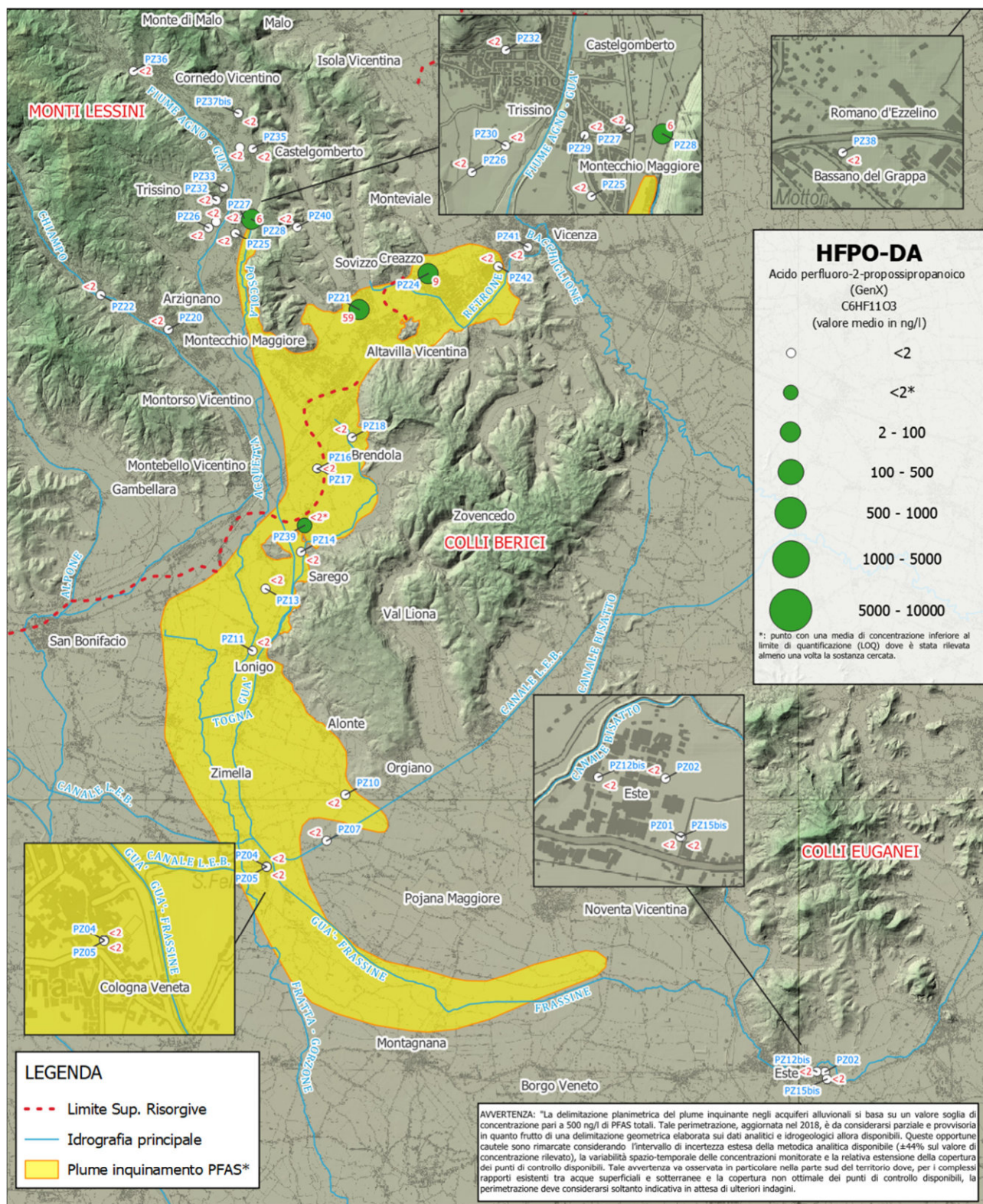


FIG. 20
 CONCENTRAZIONI MEDIE DI ADONA
 NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di ADONA nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di ADONA relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.





Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

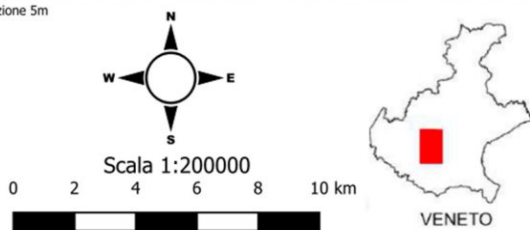
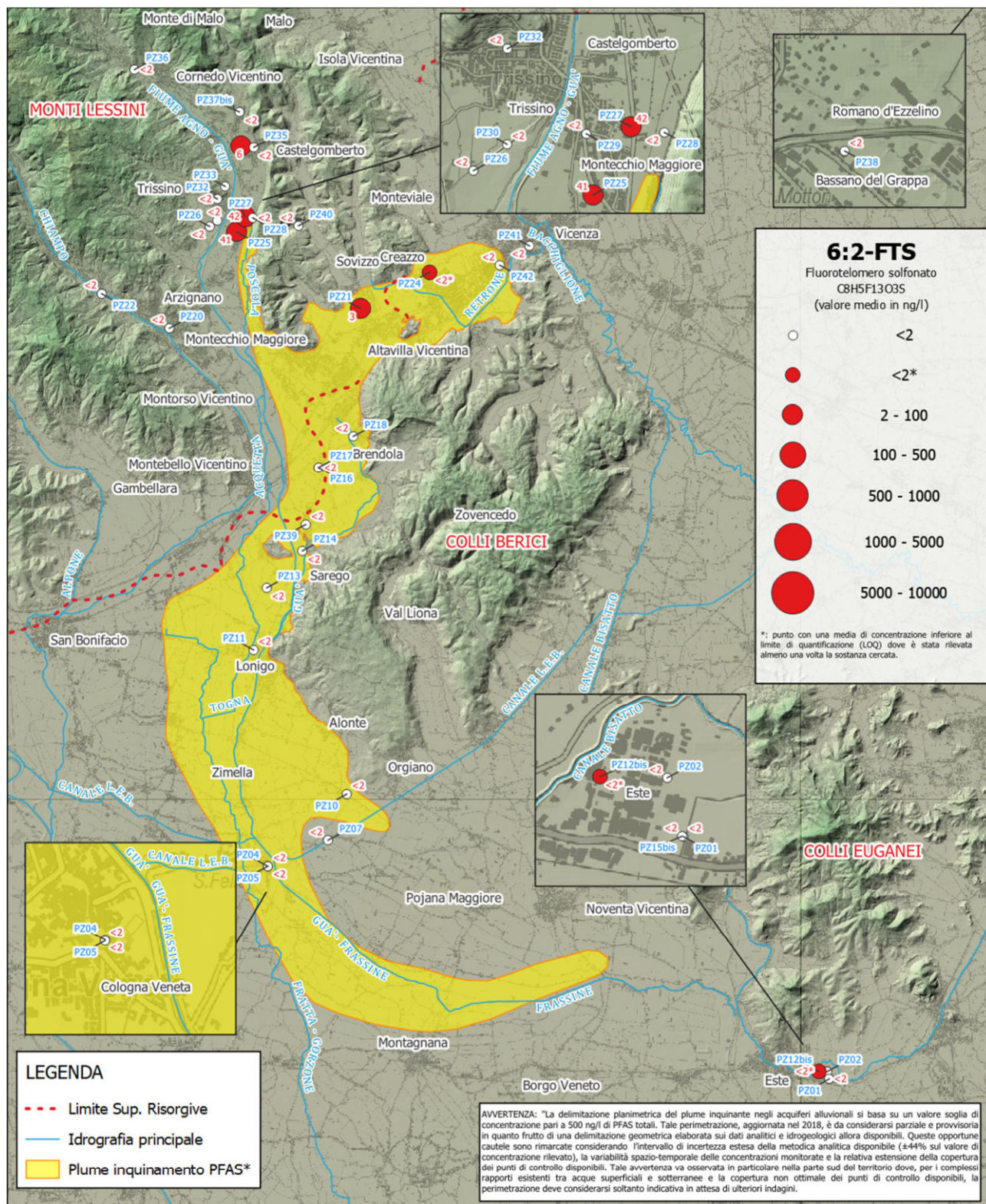
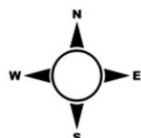


FIG. 21
CONCENTRAZIONI MEDIE DI HFPO-DA
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di HFPO-DA nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di HFPO-DA relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024



Scala 1:200000

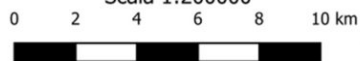
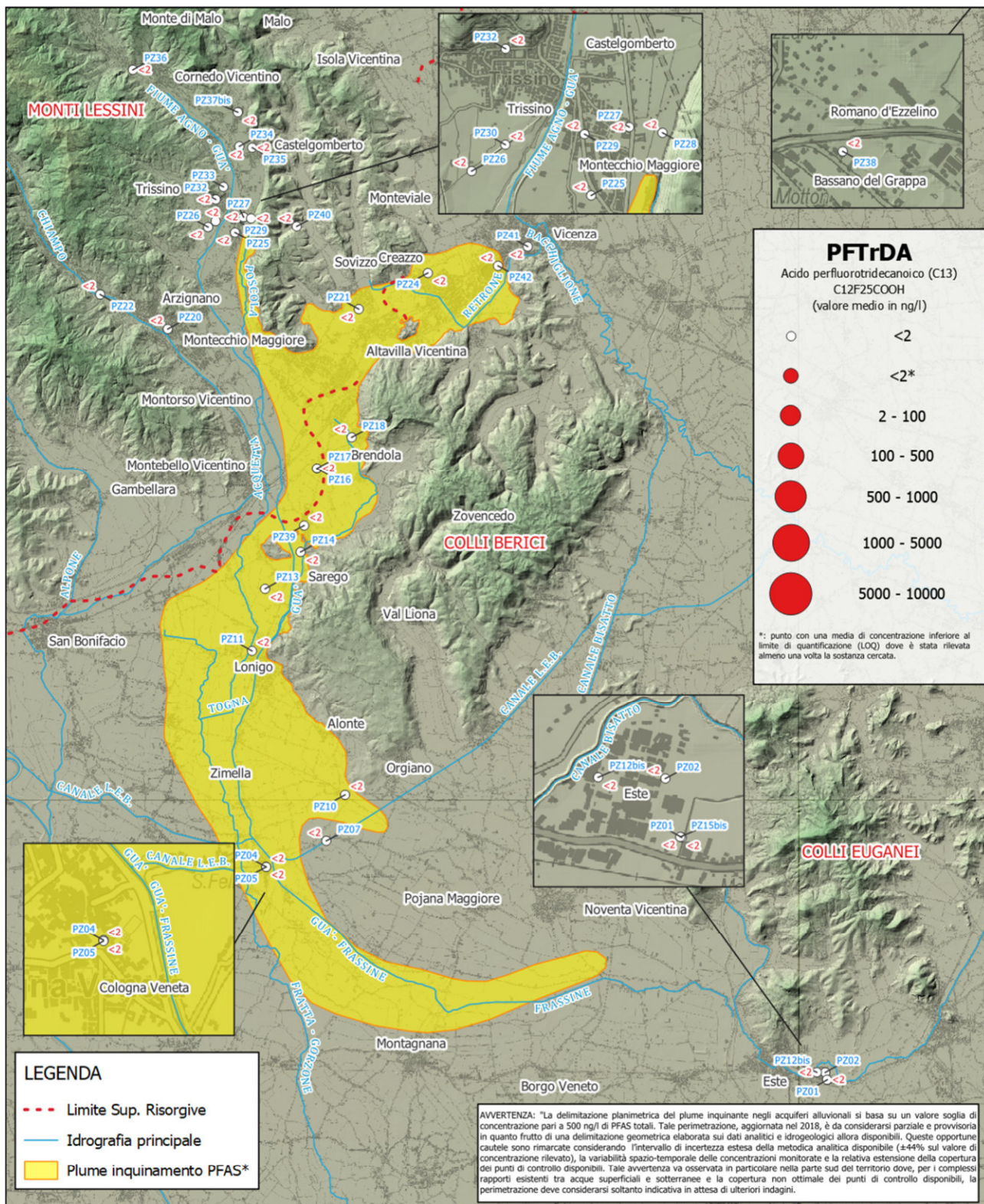


FIG. 22
CONCENTRAZIONI MEDIE DI 6:2-FTS
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di 6:2-FTS nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di 6:2-FTS relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.





Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

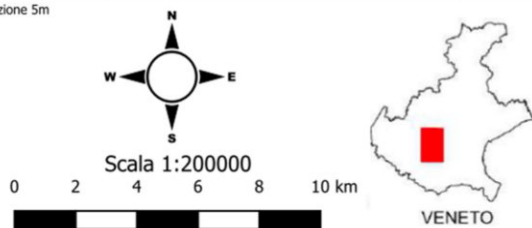
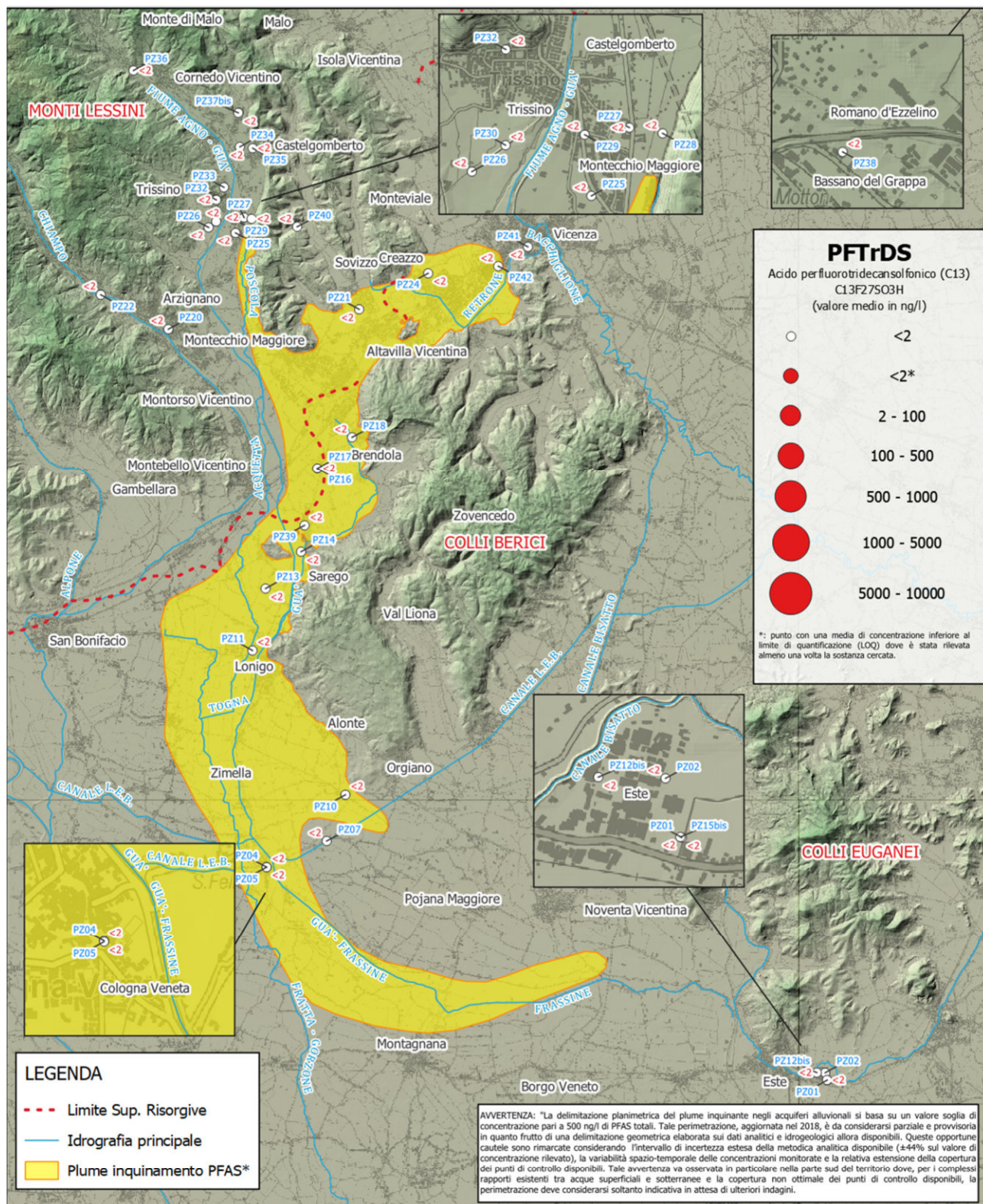


FIG. 23
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFTrDA
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFTrDA nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFTrDA relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

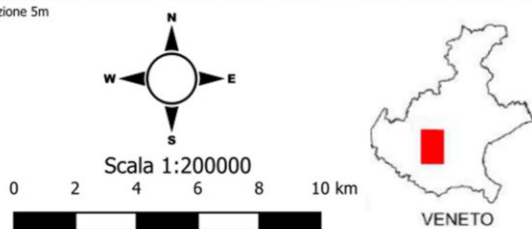
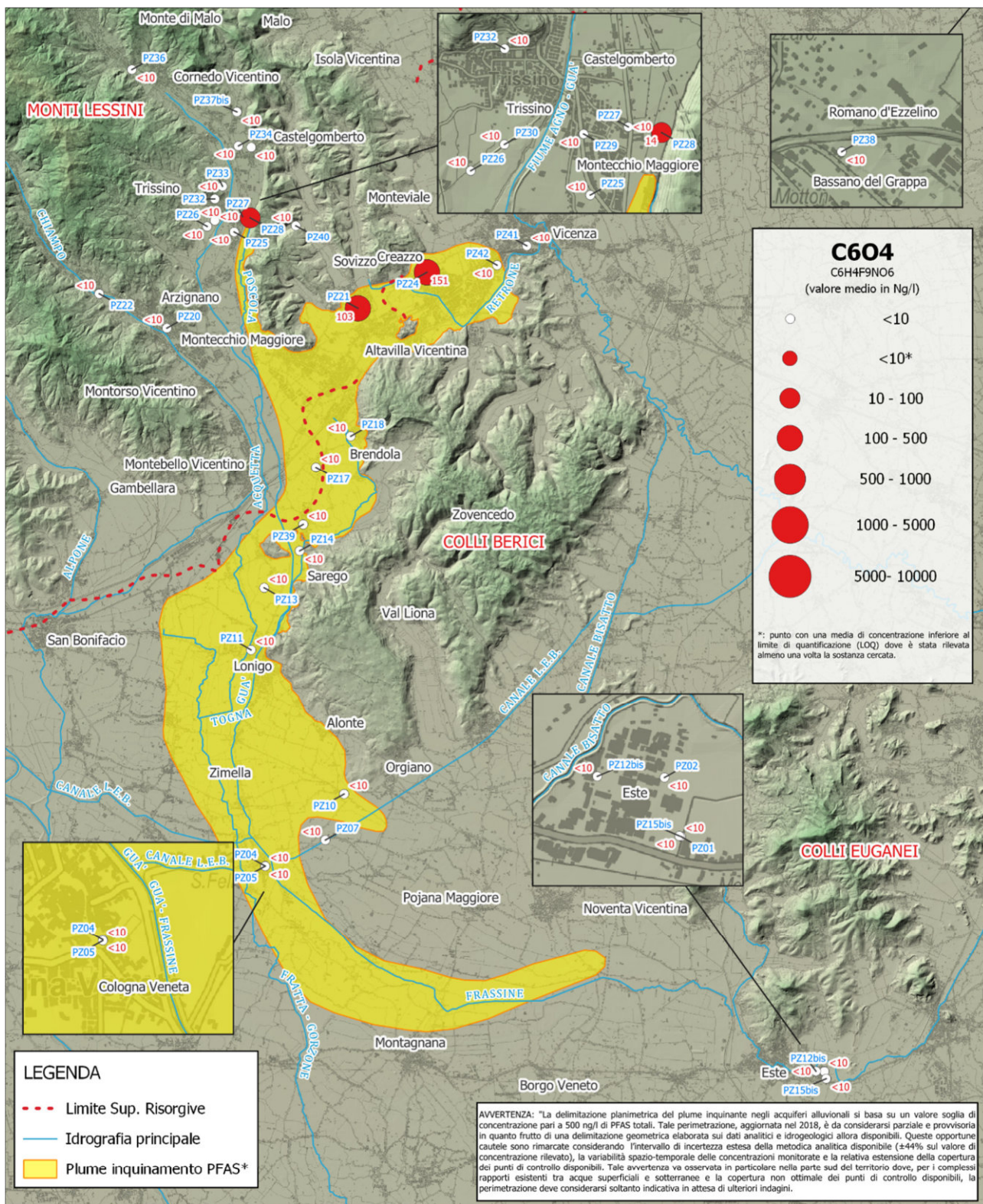


FIG. 24
CONCENTRAZIONI MEDIE DI PFTTrDS
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di PFTTrDS nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi di simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di PFTTrDS relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.



Base cartografica: DTM Regione Veneto (rif. 2020) Risoluzione 5m
Nome: CONT_PFAS_Dati_2024

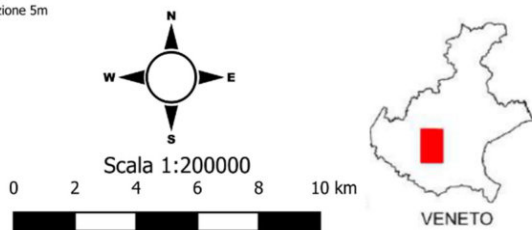


FIG. 25
CONCENTRAZIONI MEDIE DI C604
NELLE ACQUE SOTTERRANEE

Concentrazioni medie di C604 nelle acque sotterranee rilevate dai 35 piezometri del progetto CONT_PFAS. I valori di concentrazione sono rappresentati in classi con simbologia a grandezza graduata. Le etichette in colore rosso riportano i valori medi di concentrazione espressi in ng/l di C604 relativi al periodo 2024 mentre in colore blu sono riportati i codici identificativi delle stazioni.

ALLEGATO C

PRESENTAZIONE DEI DATI RELATIVI AL SISTEMA DI MONITORAGGIO IN CONTINUO DEI
PIEZOMETRI

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	4
2. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE	5
3. REGISTRAZIONE E ACCESSIBILITÀ DEI DATI	7
4. RISULTATI DEL MONITORAGGIO IN CONTINUO	8
PZ16 E PZ17 – BRENDOLA.....	8
PZ10 - ORGIANO	18
PZ04 - COLOGNA VENETA.....	23
PZ01 - ESTE	28
PZ26 - TRISSINO	33
PZ22 - CHIAMPO	38

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1: STRUMENTAZIONE PER IL RILEVAMENTO DEI PARAMETRI E LA TRASMISSIONE DEI DATI	5
FIGURA 2: VISUALIZZAZIONE DEI DATI TRAMITE L'APPLICAZIONE VUSITU	7
FIGURA 3: VISUALIZZAZIONE DATI TRAMITE GIMONDI SIRAV CMT	8
FIGURA 4: CONDUCIBILITÀ-TEMPERATURA PZ16	10
FIGURA 5: QUOTA FALDA - PRECIPITAZIONI GIORNALIERE PZ16	11
FIGURA 6: TEMPERATURA ACQUA-ARIA PZ16	12
FIGURA 7: CONDUCIBILITÀ - TEMPERATURA PZ17	14
FIGURA 8: QUOTA FALDA - PRECIPITAZIONI GIORNALIERE PZ17	15
FIGURA 9: TEMPERATURA ACQUA-ARIA PZ17	16
FIGURA 10: CONDUCIBILITÀ-TEMPERATURA PZ10	19
FIGURA 11: QUOTA FALDA - PRECIPITAZIONI GIORNALIERE PZ10	20
FIGURA 12: TEMPERATURA ACQUA-ARIA PZ10	21
FIGURA 13: CONDUCIBILITÀ-TEMPERATURA PZ04	24
FIGURA 14: QUOTA FALDA - PRECIPITAZIONI GIORNALIERE PZ04	25
FIGURA 15: TEMPERATURA ACQUA-ARIA PZ04	26
FIGURA 16: CONDUCIBILITÀ-TEMPERATURA PZ01	29
FIGURA 17: QUOTA FALDA - PRECIPITAZIONI GIORNALIERE PZ01	30
FIGURA 18: TEMPERATURA ACQUA-ARIA PZ01	31
FIGURA 19: CONDUCIBILITÀ-TEMPERATURA PZ26	34
FIGURA 20: QUOTA FALDA - PRECIPITAZIONI GIORNALIERE PZ26	35
FIGURA 21: TEMPERATURA ACQUA-ARIA PZ26	36
FIGURA 22: CONDUCIBILITÀ – TEMPERATURA PZ22	39
FIGURA 23: QUOTA FALDA - PRECIPITAZIONI GIORNALIERE PZ22	40
FIGURA 24: TEMPERATURA ACQUA - ARIA PZ22	41

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1: CARATTERISTICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO	5
TABELLA 2: TEMPERATURA PZ16 [°C]	9
TABELLA 3: CONDUCIBILITÀ [μS/CM] E QUOTA FALDA [M S.L.M.] PZ16	9
TABELLA 4: TEMPERATURA PZ17 [°C]	13
TABELLA 5: CONDUCIBILITÀ [μS/CM] E QUOTA FALDA [M S.L.M.] PZ17	13
TABELLA 6: TEMPERATURA PZ10 [°C]	18
TABELLA 7: CONDUCIBILITÀ [μS/CM] E QUOTA FALDA [M S.L.M.] PZ10	18
TABELLA 8: TEMPERATURA PZ04 [°C]	23
TABELLA 9: CONDUCIBILITÀ [μS/CM] E QUOTA FALDA [M S.L.M.] PZ04	23
TABELLA 10: TEMPERATURA PZ01 [°C]	28
TABELLA 11: CONDUCIBILITÀ [μS/CM] E QUOTA FALDA [M S.L.M.] PZ01	28
TABELLA 12: TEMPERATURA PZ26 [°C]	33
TABELLA 13: CONDUCIBILITÀ [μS/CM] E QUOTA FALDA [M S.L.M.] PZ26	33
TABELLA 14: TEMPERATURA PZ22 [°C]	38
TABELLA 15: CONDUCIBILITÀ [μS/CM] E QUOTA FALDA [M S.L.M.] PZ22	38

1. INTRODUZIONE

Nel presente allegato vengono riportati i dati registrati dalle sonde e successivamente elaborati, corrispondenti al periodo compreso tra luglio 2024 e giugno 2025.

Nel riportare i dati acquisiti, si intende presentarli sia graficamente per un'interpretazione immediata, sia tramite alcuni semplici valori statistici utili ad una maggiore comprensione.

Per ogni piezometro dotato di sonda si sono andati a riportare i seguenti elementi:

- parametri statistici di Temperatura (T), Conducibilità (C), Quota della falda (H);
- andamento della Temperatura e Conducibilità nell'arco temporale considerato;
- andamento della Quota falda associata alle precipitazioni giornaliere dello stesso periodo;
- Confronto tra Temperatura dell'acqua e Temperatura dell'aria a 2 metri dal suolo, attraverso rappresentazione box-plot dei valori mensili.

Tramite la rappresentazione box-plot è stato possibile visualizzare la distribuzione mensile dei dati di temperatura e ha permesso di rappresentare sullo stesso grafico cinque valori statistici:

- Valore Minimo;
- Valore Massimo;
- 25esimo percentile (lato inferiore del rettangolo);
- 50esimo percentile/Mediana (linea a metà del rettangolo);
- 75esimo percentile (lato superiore del rettangolo).

Dunque il box plot contiene il 50% delle misure di temperatura registrate (tra il 25esimo e 75esimo percentile).

I baffi indicano la dispersione dei valori inferiori al primo quartile e superiori al terzo quartile.

I valori anomali invece vengono rappresentati come punti isolati al di sopra o al di sotto dei baffi della distribuzione.

Si è consapevoli che tale studio possa avere alcuni limiti, sia dal punto di vista temporale, perché un anno di misurazioni può non essere del tutto rappresentativo delle condizioni dell'acquifero, sia dal punto di vista del monitoraggio, perché le sonde tramite misurazioni in continuo potrebbero subire alterazioni di varia natura e necessitano di una calibrazione periodica.

Ci si riserva dunque di valutare i risultati ottenuti e verificarne la correttezza.

2. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

In maniera più dettagliata viene descritta, qui di seguito, la strumentazione installata.

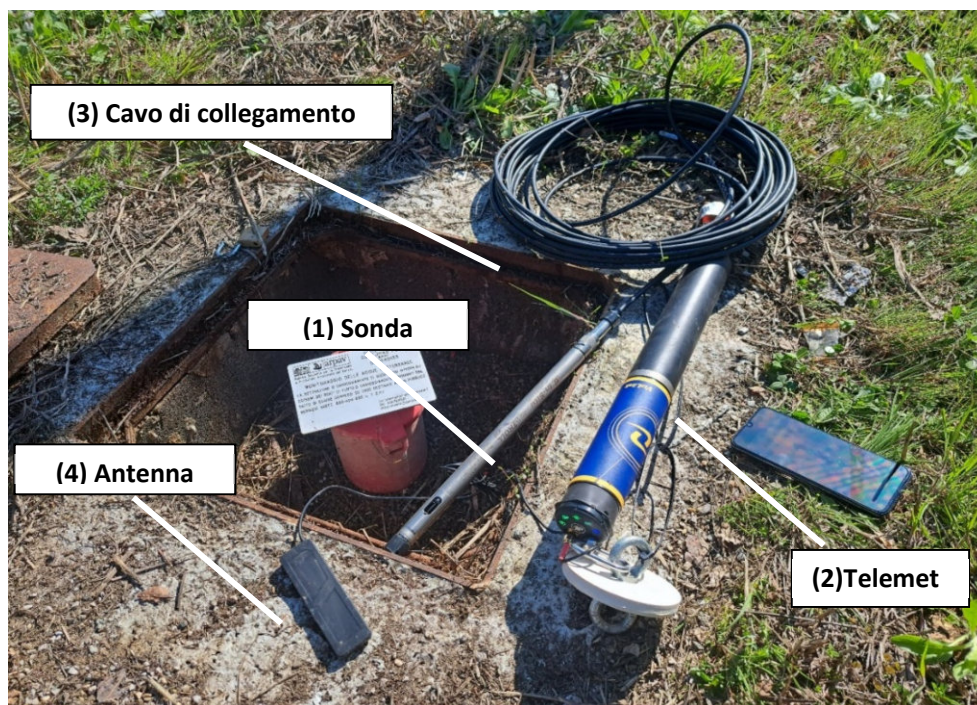


Figura 1: Strumentazione per il rilevamento dei parametri e la trasmissione dei dati

La Figura 1 rappresenta la tipologia di strumento adottato per il monitoraggio in continuo degli acquiferi, di seguito vengono descritte le varie parti che lo compongono:

- (1) Sonda**, predisposta alla misura e registrazione dei parametri. Dispone di una struttura in titanio che offre resistenza alla corrosione e lo rende adatto a svariate applicazioni anche in contesti marini. Di seguito vengono riportate alcune caratteristiche tecniche dello strumento:

Tabella 1: Caratteristiche tecniche dello strumento

Funzione	Informazione
Dimensioni e peso	Diametro: 1.83 cm; Lunghezza: 31.5 cm; Peso: 188 g
Memoria	4 MB
Conducibilità:	
Range	0 a 100000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Risoluzione	0.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Pressione-Livello	
Tecnologia di misurazione	Cella di pressione ventilata (<i>vented</i>)
Range	da 3.5 m a 210 m a seconda della sonda installata
Risoluzione	0,005 % Fondo Scala
Temperatura	
Range	-5 a 50 °C
Risoluzione	$\pm 0,1$ °C

(2) Telemetria, è un dispositivo che funge da tramite tra la sonda e il server di APRAV tramite il segnale GPRS (*General Packet Radio Service*). A seconda dello scopo del monitoraggio, permette di registrare e trasmettere i dati con frequenze, da 1 minuto fino a 7 giorni.

Presenta delle dimensioni di diametro inferiori ai 2 pollici, che ne facilitano l'installazione in contesti caratterizzati da spazi limitati, come i piezometri. Inoltre, è compatibile con l'applicazione mobile fornita della medesima ditta per monitorare in tempo reale lo stato della batteria e di identificare eventuali anomalie nella trasmissione di dati.

(3) Cavo di collegamento, di tipo *vented*, utilizzato con i sensori di pressione/livello della stessa tipologia. Condizione necessaria per ottenere misurazioni relative. Ovvero, il cavo permette il passaggio dell'aria al suo interno considerando come pressione di riferimento applicata al diaframma del sensore la pressione atmosferica.

La profondità di installazione è stata determinata dalla profondità del piezometro, dall'acquifero intercettato e dal range di escursione del livello di falda. Si è cercato di valutare i range di oscillazione minimi e massimi dai dati disponibili, dimensionando opportunamente la lunghezza del cavo ed il range di misura di ciascuno strumento.

3. REGISTRAZIONE E ACCESSIBILITÀ DEI DATI

L’operazione di monitoraggio eseguita dallo strumento viene poi registrata sia dal datalogger che dalla sonda con modalità e frequenze differenti.

Dal datalogger, i dati vengono inoltrati verso il Sistema Informativo Regionale Ambientale del Veneto (SIRAV), con cadenza giornaliera. Una volta ricevuti, vengono visualizzati e verificati attraverso l’applicativo interno “Validatio”, che permette di individuare l’anomalia di alcune registrazioni.

In seguito a questa operazione, i dati possono essere consultati e scaricati attraverso un server interno denominato “Gimondi Sirav CMT” (Figura 3)

La sonda, invece, registra i dati ma non li trasmette ad alcun server, è necessario dunque scaricarli una volta sul campo, connettendosi con l’app mobile fornita sempre dalla ditta fornitrice (Figura 2). Tale registrazione viene effettuata con una frequenza di un dato ogni 6 ore.

Questa doppia registrazione è finalizzata a non perdere la continuità dei dati, perché per svariate criticità il segnale potrebbe non essere trasmesso al server e di conseguenza perdere i dati.

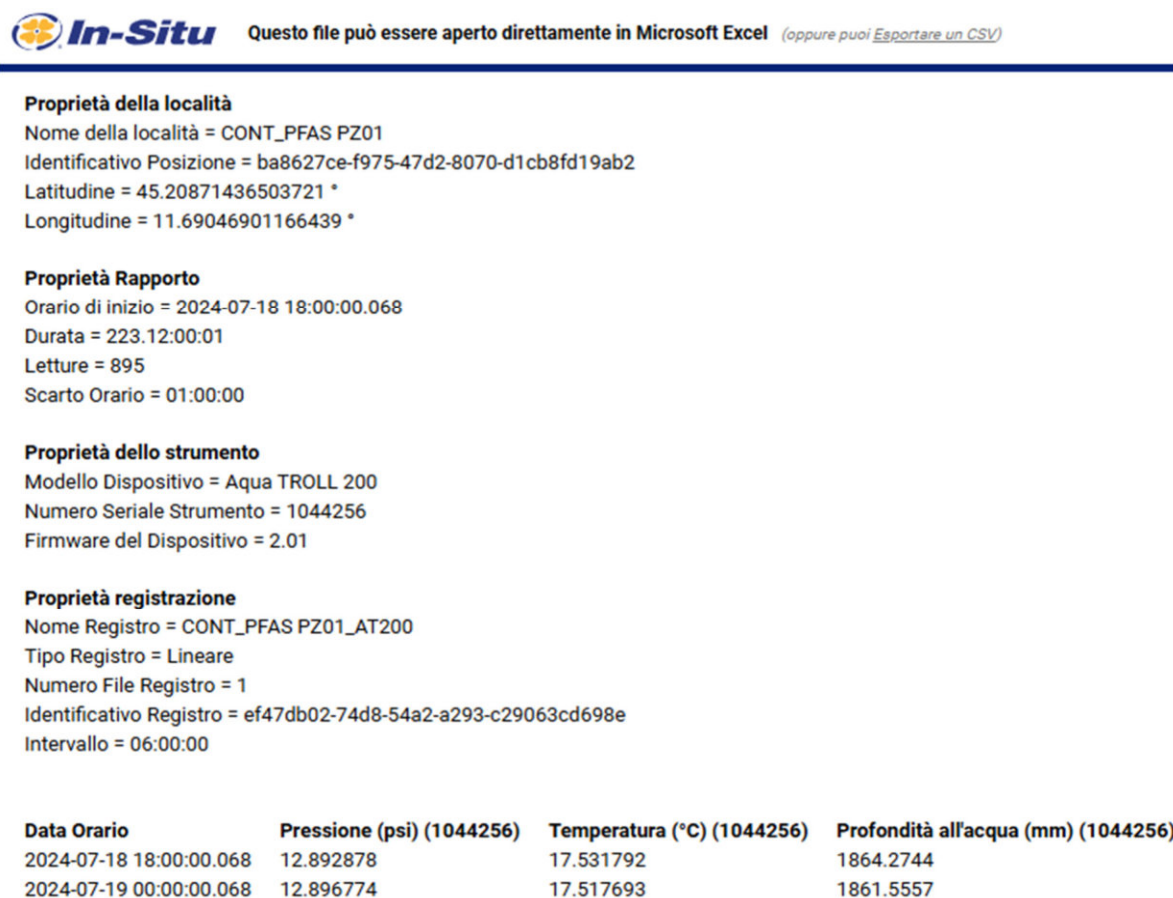


Figura 2: Visualizzazione dei dati tramite l'applicazione VuSitu

ARPAV – Servizio Idrologico**Bollettino dati giornalieri****Valori dal 1 agosto 2024 al 31 agosto 2024**

Brendola cont_PFAS Pz16		Brendola cont_PFAS Pz16		Brendola cont_PFAS Pz16	
Conducibilità specifica media (µS)		Quota falda (m s.l.m.) media		Temperatura acqua media (°C)	
Data Ora	Valore	Data Ora	Valore	Data Ora	Valore
01/08/2024	556.46	01/08/2024	44.021	01/08/2024	13.15
02/08/2024	556.17	02/08/2024	44.016	02/08/2024	13.14
03/08/2024	555.76	03/08/2024	43.957	03/08/2024	13.14
04/08/2024	556.10	04/08/2024	43.932	04/08/2024	13.13
05/08/2024	556.33	05/08/2024	43.898	05/08/2024	13.14
06/08/2024	555.98	06/08/2024	43.846	06/08/2024	13.13
07/08/2024	556.28	07/08/2024	43.867	07/08/2024	13.14
08/08/2024	556.39	08/08/2024	43.930	08/08/2024	13.14
09/08/2024	555.79	09/08/2024	43.862	09/08/2024	13.13
10/08/2024	555.87	10/08/2024	43.826	10/08/2024	13.13
11/08/2024	556.38	11/08/2024	43.824	11/08/2024	13.14
12/08/2024	556.06	12/08/2024	43.813	12/08/2024	13.13
13/08/2024	555.92	13/08/2024	43.759	13/08/2024	13.12
14/08/2024	556.11	14/08/2024	43.761	14/08/2024	13.13

Figura 3: Visualizzazione dati tramite Gimondi Sirav CMT

4. RISULTATI DEL MONITORAGGIO IN CONTINUO

In questa sezione vengono riportati gli andamenti di Temperatura, Conducibilità e Livello di Falda per i piezometri indagati (PZ16, PZ17, PZ10, PZ04, PZ01, PZ26, PZ22).

PZ16 E PZ17 – BRENDOLA

PZ16

Situato in Via dell'Impresa in comune di Brendola (WGS84 45,46066947; 11,42079102), il piezometro profondo -40 m (da B.P., bocca pozzo), è dotato di una sonda alla profondità di -20.1 m (da B.P.).

I parametri statistici calcolati per le tre variabili sono presentati qui di seguito.

Tabella 2: Temperatura PZ16 [°C]

Mese	N. misure	Minimo	Media	P25	Mediana	P75	Massimo	Dev St.
luglio-24	89	13.14	13.15	13.15	13.15	13.15	13.15	0.00
agosto-24	124	13.12	13.14	13.13	13.15	13.15	13.16	0.01
settembre-24	120	13.12	13.15	13.15	13.16	13.16	13.17	0.01
ottobre-24	124	13.13	13.15	13.15	13.15	13.15	13.16	0.00
novembre-24	120	13.15	13.15	13.15	13.15	13.15	13.16	0.00
dicembre-24	124	13.15	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	0.00
gennaio-25	124	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	0.00
febbraio-25	112	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	0.00
marzo-25	124	13.14	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	0.00
aprile-25	120	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	13.16	0.00
maggio-25	124	13.16	13.16	13.16	13.16	13.17	13.17	0.00
giugno-25	120	13.13	13.15	13.13	13.17	13.17	13.17	0.01

Tabella 3: Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$] e Quota falda [m s.l.m.] PZ16

Mese	N. misure	Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$]			Quota falda [m s.l.m.]		
		Minimo	Media	Massimo	Minimo	Media	Massimo
luglio-24	89	552	556	557	44.19	44.51	44.83
agosto-24	124	555	556	560	43.65	43.99	44.25
settembre-24	120	554	557	561	43.62	43.79	44.18
ottobre-24	124	555	557	562	43.91	44.66	45.31
novembre-24	120	556	558	564	44.57	44.85	45.14
dicembre-24	124	556	558	564	44.24	44.49	44.71
gennaio-25	124	557	558	563	44.09	44.25	44.43
febbraio-25	112	557	558	560	44.14	44.34	44.45
marzo-25	124	557	558	558	43.86	44.37	44.81
aprile-25	120	557	558	559	44.39	44.61	44.91
maggio-25	124	555	559	559	44.56	44.70	44.83
giugno-25	120	558	559	560	43.78	44.24	44.56

Nel grafico in alto (in verde) viene riportato l'andamento della Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$] nel periodo monitorato e nel grafico in basso (in rosso) la Temperatura dell'acqua [$^{\circ}\text{C}$] nel medesimo periodo.



Figura 4: Conducibilità-Temperatura PZ16

Andamento della variazione della Quota della falda associata alle Precipitazioni cumulate giornaliere:

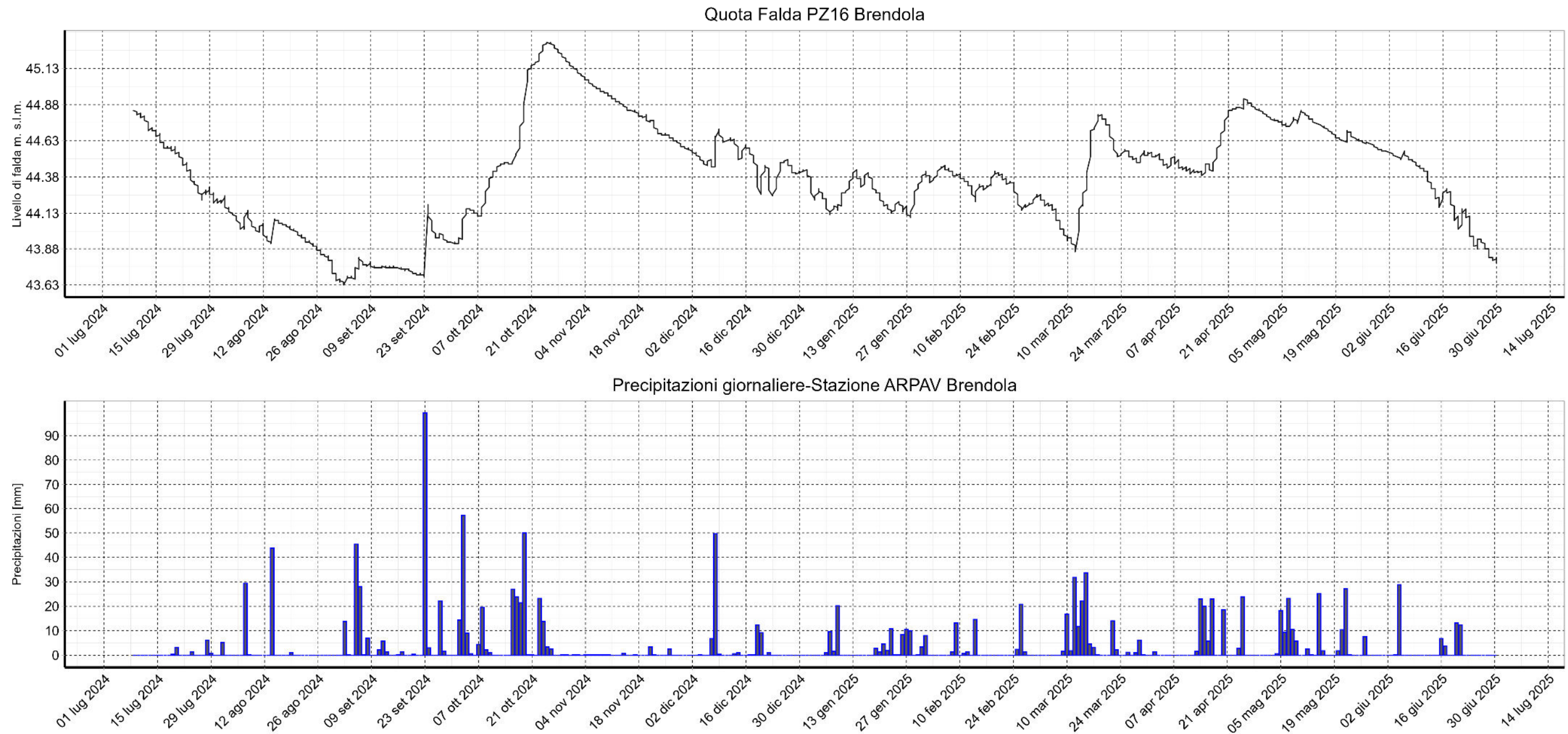


Figura 5: Quota falda - Precipitazioni giornaliere PZ16

Confronto tra la Temperatura media giornaliera misurata a 2 mt. dal suolo e la Temperatura dell'acqua registrata dalla sonda.

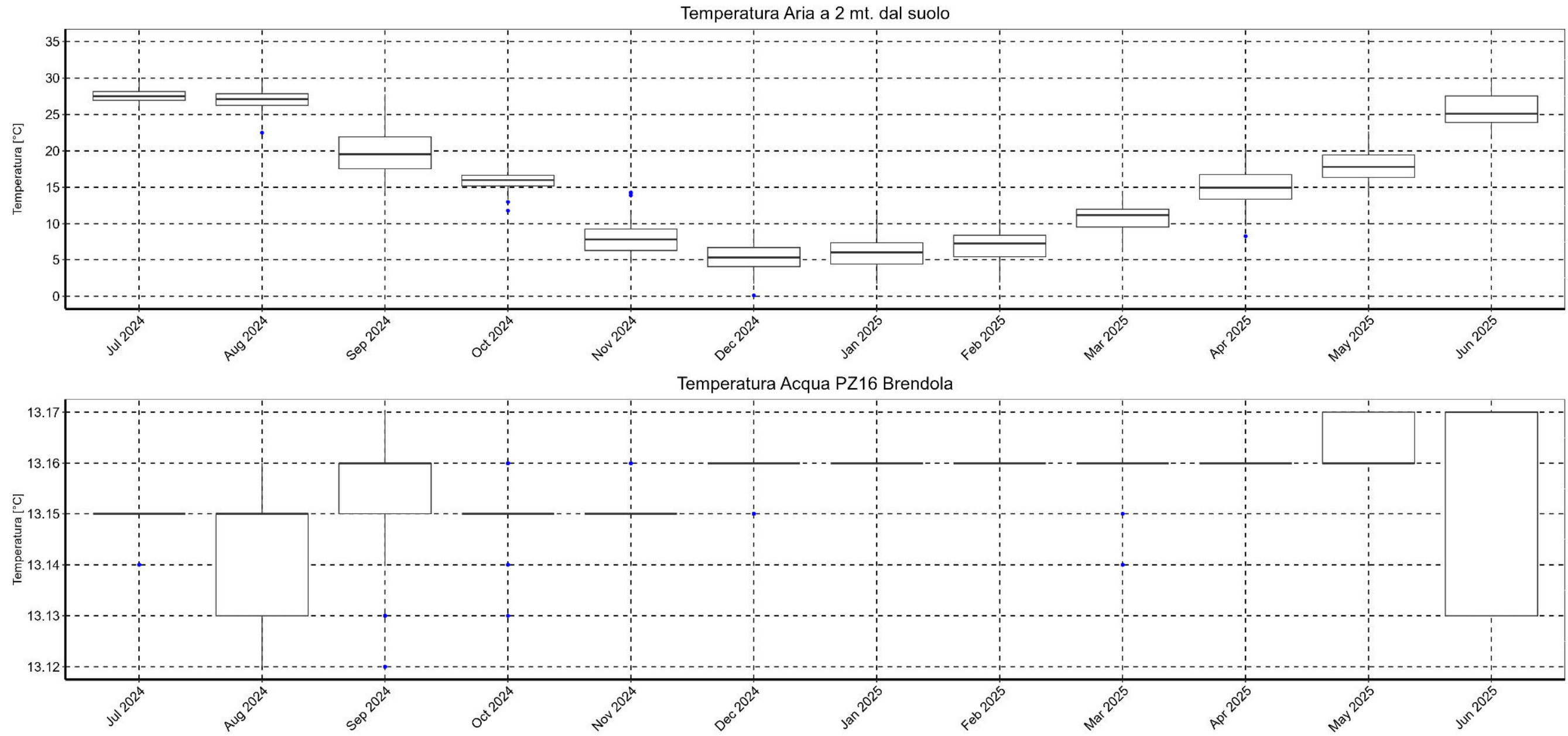


Figura 6: Temperatura acqua-aria PZ16

PZ17

Situato in Via dell'Impresa in comune di Brendola (coordinate WGS84 45,46073817; 11,32078397), il piezometro profondo -87.00 m (da B.P., bocca pozzo), è dotato di una sonda alla profondità di -62.5 m (da B.P.).

I parametri statistici calcolati per le tre variabili sono presentati qui di seguito.

Tabella 4: Temperatura PZ17 [°C]

Mese	N. misure	Minimo	Media	P25	Mediana	P75	Massimo	Dev St.
luglio-24	89	12.78	12.79	12.79	12.79	12.79	12.79	0.00
agosto-24	124	12.78	12.79	12.78	12.79	12.79	12.79	0.00
settembre-24	120	12.78	12.79	12.79	12.79	12.79	12.83	0.01
ottobre-24	124	12.79	12.79	12.79	12.79	12.79	12.79	0.00
novembre-24	120	12.79	12.79	12.79	12.79	12.79	12.79	0.00
dicembre-24	124	12.79	12.79	12.79	12.79	12.79	12.89	0.01
gennaio-25	124	12.79	12.79	12.79	12.79	12.79	12.79	0.00
febbraio-25	112	12.79	12.79	12.79	12.79	12.79	12.87	0.01
marzo-25	124	12.79	12.79	12.79	12.79	12.79	12.8	0.00
aprile-25	120	12.79	12.79	12.79	12.79	12.79	12.8	0.00
maggio-25	124	12.79	12.80	12.79	12.79	12.8	12.82	0.01
giugno-25	120	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.81	0.00

Tabella 5: Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$] e Quota falda [m s.l.m.] PZ17

Mese	N. misure	Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$]			Quota falda [m s.l.m.]		
		Minimo	Media	Massimo	Minimo	Media	Massimo
luglio-24	89	916	1007	1073	44.38	44.81	45.20
agosto-24	124	747	967	1093	43.75	44.20	44.52
settembre-24	120	421	665	1009	43.73	44.00	44.31
ottobre-24	124	336	402	432	44.15	44.95	45.66
novembre-24	120	448	946	1087	44.89	45.20	45.51
dicembre-24	124	743	1149	1505	44.51	44.72	44.93
gennaio-25	124	1337	1477	1522	44.36	44.44	44.52
febbraio-25	112	323	678	1324	44.44	44.50	44.55
marzo-25	124	299	807	1201	44.35	44.64	44.88
aprile-25	120	863	1052	1220	44.63	44.93	45.30
maggio-25	124	355	1005	1154	44.90	45.04	45.20
giugno-25	120	482	497	508	43.98	44.59	44.99

Nel grafico in alto (in verde) viene riportato l'andamento della Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$] nel periodo monitorato e nel grafico in basso (in rosso) la Temperatura dell'acqua [$^{\circ}\text{C}$] nel medesimo periodo.

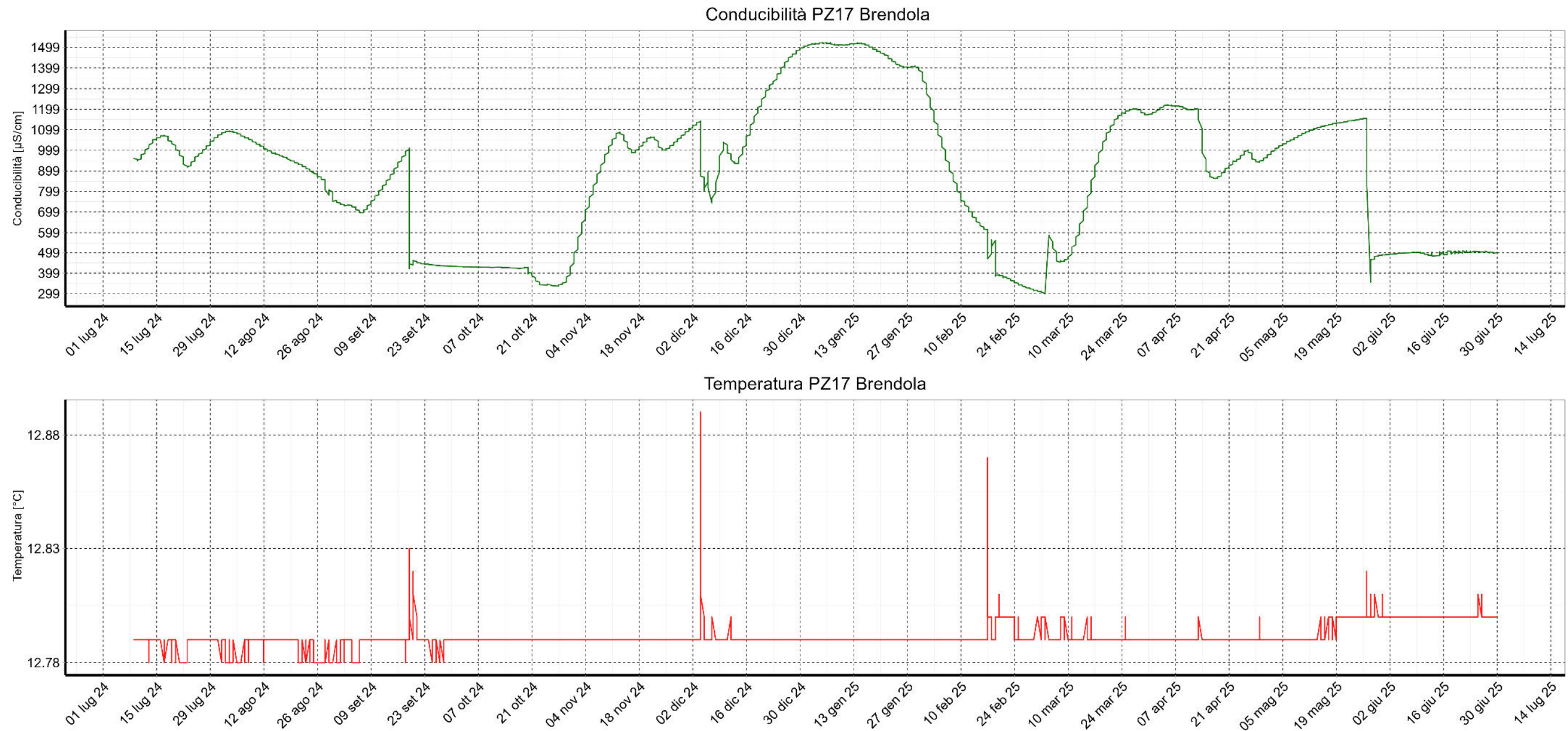


Figura 7: Conducibilità - Temperatura PZ17

Andamento della variazione della Quota della falda associata alle Precipitazioni cumulate giornaliere:

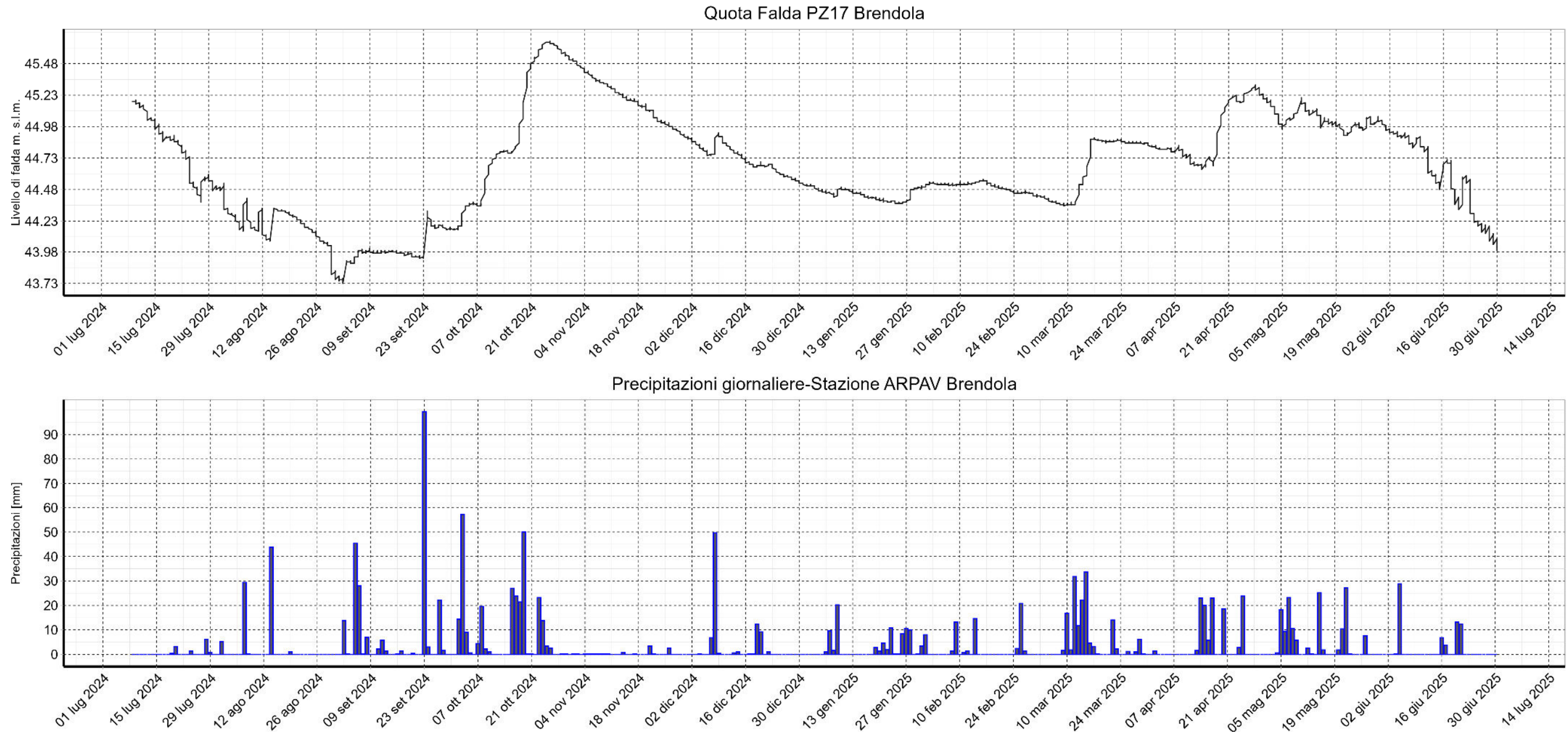


Figura 8: Quota falda - Precipitazioni giornaliere PZ17

Confronto tra la Temperatura media giornaliera misurata a 2 mt. dal suolo e la Temperatura dell'acqua registrata dalla sonda

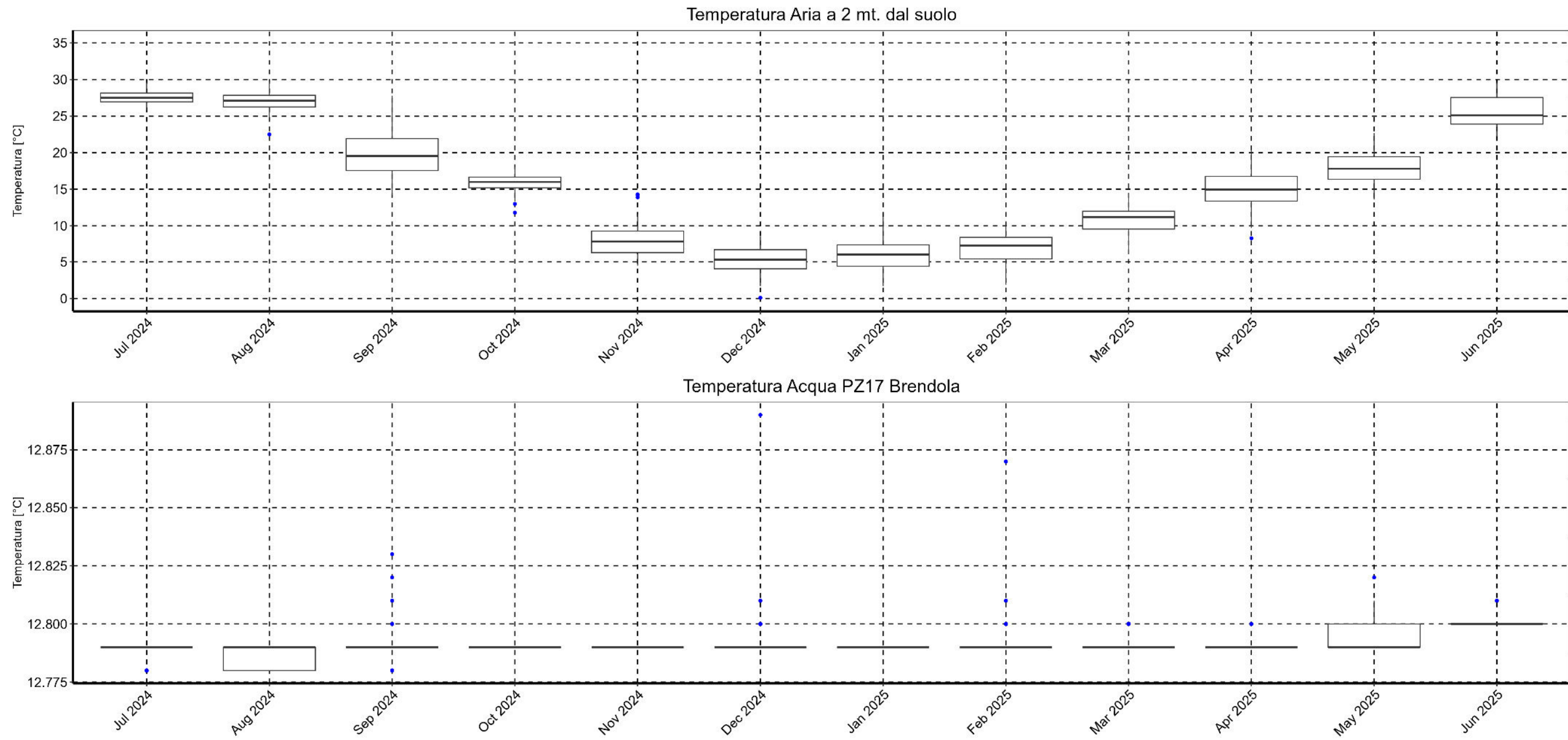


Figura 9: Temperatura acqua-aria PZ17

Osservazioni:

Le sonde installate, nonostante intercettino acquiferi differenti, registrano andamenti del livello di falda molto simili, si può notare però come l'acquifero superficiale (PZ16) sia più soggetto a variazioni istantanee, osservabile nel periodo Dicembre 2024 e Marzo 2025.

Entrambe le sonde registrano i periodi di minimo nel periodo di fine estate (Agosto-Settembre 2024) e i livelli massimi a seguito dell'intenso periodo di precipitazioni tra il 16/10/2024 e il 24/10/2024 ($H_{PZ16} = 45.31$ m s.l.m. il 25/10/2024 e $H_{PZ17} = 45.66$ m s.l.m. il 26/10/2024) (Figura 5 e Figura 8).

Prendendo in esame la temperatura dell'acqua, si nota che per entrambi gli acquiferi le temperature sono costanti lungo tutto il periodo in esame ed è possibile affermare che non vi sia alcuna stagionalità di tale parametro. Vi è però una differenza di $\Delta T = 0.36^\circ\text{C}$ tra i due acquiferi ($T_{PZ16} = 13.15^\circ\text{C}$, $T_{PZ17} = 12.79^\circ\text{C}$ medie annue) (Figura 4 e Figura 7).

Una possibile spiegazione del perché l'acquifero confinato profondo sia ad una temperatura inferiore è riferibile al fatto che tale strato possa essere alimentato dall'acquifero indifferenziato posto a monte delle risorgive (valle dell'Agno e Montecchio Maggiore) e attraverso le infiltrazioni meteoriche dei Colli Berici dovute alla loro natura calcarea¹, di conseguenza la quota delle acque di infiltrazione risulta maggiore rispetto alle acque di alimentazione della falda più superficiali ed inoltre tali contributi possono portare a temperature più contenute.

Analizzando infine la conducibilità, è possibile notare due andamenti completamente differenti. Nel piezometro superficiale, PZ16, la conducibilità rimane pressoché invariata per tutto il periodo di monitoraggio ($C_{min} = 552$ $\mu\text{S/cm}$ il 12/07/2024 e $C_{max} = 564$ $\mu\text{S/cm}$ il 28/11/2024) (Figura 4), eccetto qualche variazione istantanea per poi ritornare allo stato imperturbato.

Un comportamento diverso si ha invece nel piezometro PZ17 dove si registrano variazioni notevoli ($C_{min} = 299$ $\mu\text{S/cm}$ il 04/03/2025 e $C_{max} = 1522$ $\mu\text{S/cm}$ il 07/01/2025) e a prima vista casuali (Figura 7), si pensa che alcuni incrementi o decrementi significativi siano dovuti all'attività di campionamento che abbia alterato la lettura dello strumento (eseguiti nelle seguenti date: 19/09/2024, 04/12/2024, 17/02/2025, 27/05/2025). Va tenuto però in considerazione quanto detto per la temperatura dell'acquifero profondo, ovvero che tale sistema possa essere alimentato da zone di ricarica in alta pianura che presentano condizioni chimico-fisiche differenti.

¹ Valutazione di Compatibilità Idraulica Relazione tecnica-idraulica Comune di Brendola pag.16

PZ10 - ORGIANO

Situato in via Villa Veronese in comune di Orgiano (coordinate WGS84 45,33504353;11,43071824), il piezometro profondo -36.00 m (da B.P., bocca pozzo), è dotato di una sonda alla profondità di -20.1 m (da B.P.)

I parametri statistici calcolati per le tre variabili sono presentati qui di seguito.

Tabella 6: Temperatura PZ10 [°C]

Mese	N. misure	Minimo	Media	P25	Mediana	P75	Massimo	Dev St.
luglio-24	89	16.85	16.88	16.86	16.88	16.89	16.90	0.01
agosto-24	124	16.80	16.82	16.81	16.82	16.83	16.85	0.02
settembre-24	120	16.41	16.78	16.78	16.79	16.80	16.80	0.04
ottobre-24	124	16.65	16.75	16.74	16.76	16.77	16.77	0.02
novembre-24	120	16.70	16.72	16.71	16.71	16.72	16.73	0.01
dicembre-24	124	16.66	16.77	16.71	16.72	16.83	16.85	0.06
gennaio-25	124	16.85	16.87	16.87	16.88	16.88	16.89	0.01
febbraio-25	112	16.85	16.88	16.87	16.88	16.88	17.00	0.02
marzo-25	124	16.82	16.90	16.91	16.91	16.91	16.92	0.02
aprile-25	120	16.85	16.91	16.91	16.91	16.92	16.93	0.01
maggio-25	124	16.91	16.92	16.91	16.92	16.92	16.92	0.00
giugno-25	120	16.91	16.92	16.92	16.92	16.92	16.97	0.01

Tabella 7: Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$] e Quota falda [m s.l.m.] PZ10

Mese	N. misure	Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$]			Quota falda [m s.l.m.]		
		Minimo	Media	Massimo	Minimo	Media	Massimo
luglio-24	89	744	747	757	17.98	18.04	18.10
agosto-24	124	744	747	750	17.81	17.89	18.00
settembre-24	120	747	760	876	17.81	17.90	18.05
ottobre-24	124	756	762	872	17.99	18.26	18.59
novembre-24	120	759	768	777	18.00	18.10	18.30
dicembre-24	124	777	781	789	17.99	18.10	18.27
gennaio-25	124	785	787	789	18.02	18.04	18.12
febbraio-25	112	789	793	800	18.07	18.11	18.16
marzo-25	124	797	801	811	18.08	18.22	18.54
aprile-25	120	804	815	830	18.09	18.14	18.32
maggio-25	124	822	826	830	18.07	18.15	18.22
giugno-25	120	829	837	850	17.94	18.03	18.10

Nel grafico in alto (in verde) viene riportato l'andamento della Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$] nel periodo monitorato e nel grafico in basso (in rosso) la Temperatura dell'acqua [$^{\circ}\text{C}$] nel medesimo periodo.

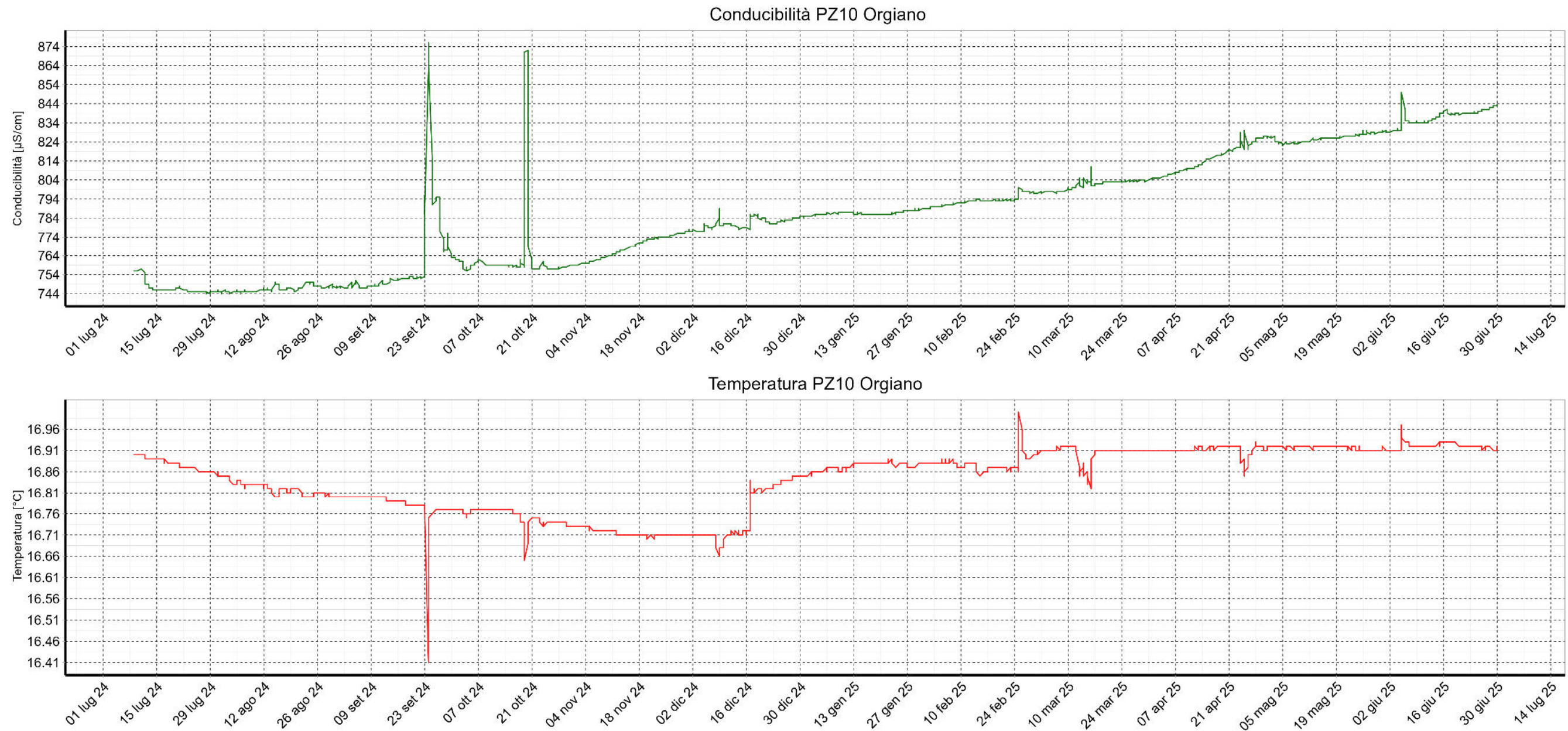


Figura 10: Conducibilità-Temperatura PZ10

Andamento della variazione della Quota della falda associata alle Precipitazioni cumulate giornaliere:

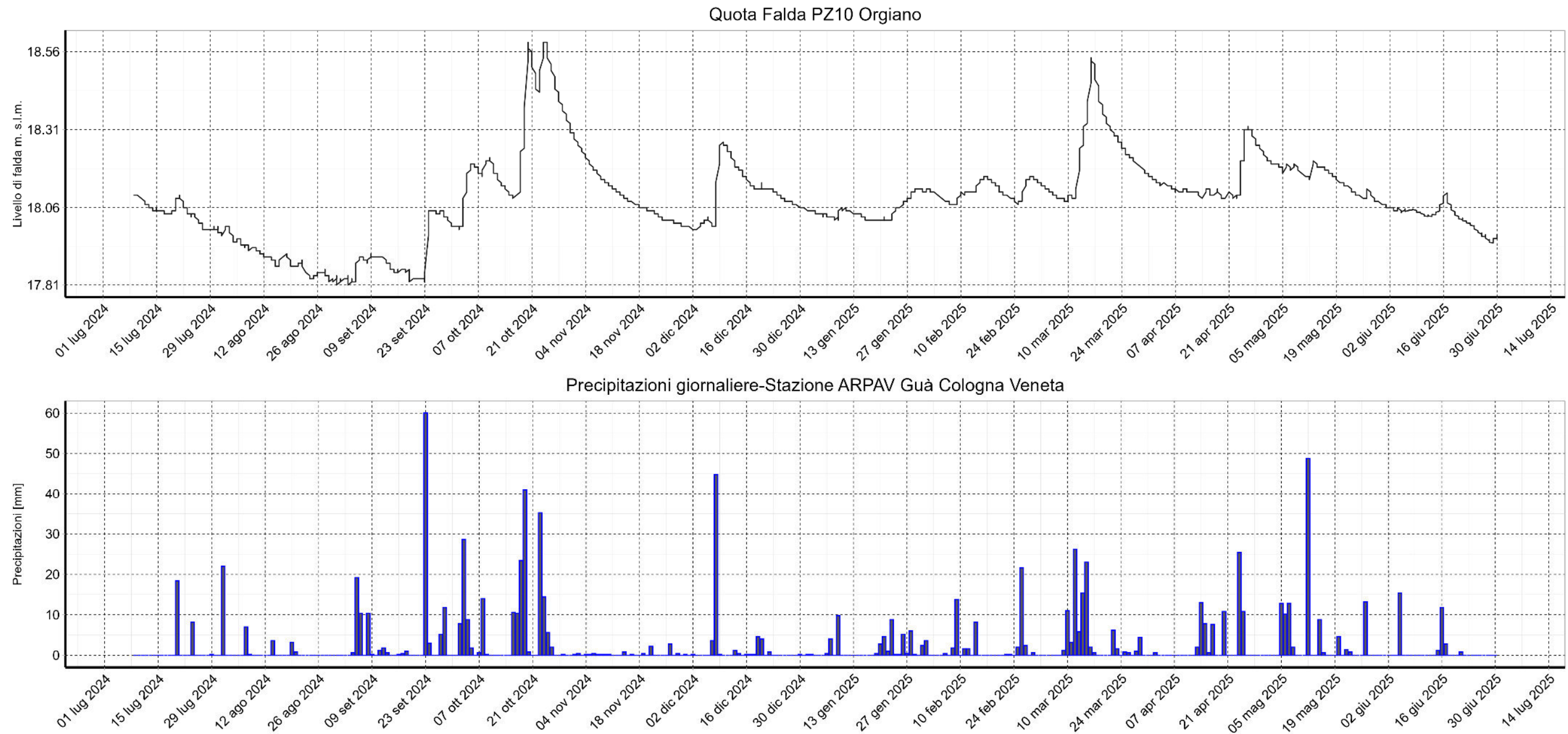


Figura 11: Quota falda - Precipitazioni giornaliere PZ10

Confronto tra la Temperatura media giornaliera misurata a 2 mt. dal suolo e la Temperatura dell'acqua registrata dalla sonda.

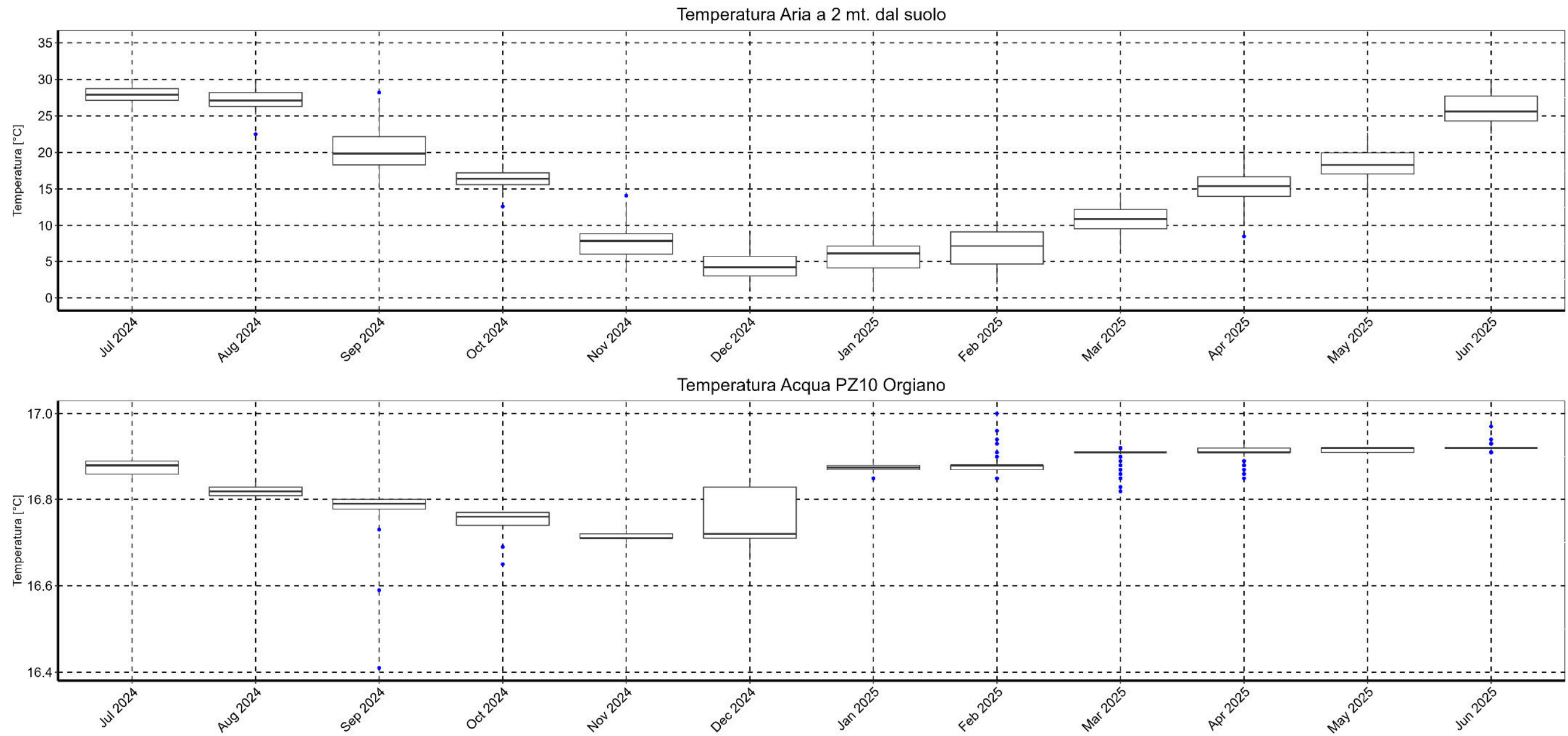


Figura 12: Temperatura acqua-aria PZ10

Osservazioni:

I livelli minimi della falda ($H_{min}=17.81$ m s.l.m. il 03/09/2024) si collocano nei mesi di agosto e settembre, mentre i punti di massimo vengono raggiunti a seguito di periodi piovosi ($H_{max}=18.59$ m s.l.m. il 20/10/2024 e $H=18.54$ m s.l.m. il 16/03/2025).

Sono da sottolineare due eventi di precipitazione (23/09/2024 $h=60$ mm e il 19/10/2024 $h=41$ mm) che provocano un rapido innalzamento della falda e in entrambi i casi un picco positivo di conducibilità e un abbassamento della temperatura. È lecito ipotizzare che i dati registrati il 23/09/2024 siano influenzati anche dal campionamento avvenuto il giorno stesso (Figura 11), ma si ritiene plausibile pensare che vi sia una relazione nella variazione dei 3 parametri.

Osservando la temperatura, si può affermare che non vi siano variazioni sostanziali lungo il periodo di monitoraggio tra il valore minimo ($T_{min} = 16.65^{\circ}\text{C}$ il 19/10/2024), escludendo il valore anomalo qui sopra descritto, e il massimo ($T_{max} = 17.00^{\circ}\text{C}$ il 25/02/2025). Si può comunque individuare un lieve calo della temperatura fino a dicembre 2024 per poi invertire il trend e aumentare fino a stabilizzarsi. Il rapido innalzamento della temperatura il giorno 17/12/2024 è dovuto però presumibilmente alla rimozione della sonda durante il campionamento effettuato (Figura 10).

L'andamento della conducibilità non evidenzia trend particolari, l'unica nota da riportare può essere che le concentrazioni minime si collocano nel periodo estivo 2024 dove i livelli di falda sono i più bassi (Figura 10). In tutto il resto dell'anno l'incremento è monotono crescente e i campionamenti effettuati confermano questo trend:

- 23/09/2024 $C=773$ $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- 17/12/2024 $C=785$ $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- 05/06/2025 $C=822$ $\mu\text{S}/\text{cm}$.

PZ04 - COLOGNA VENETA

Situato in Piazzale Vittorio Veneto in comune di Cologna Veneta (coordinate WGS84 45,30832336; 11,38664957), il piezometro profondo -45.00 m (da B.P., bocca pozzo) è dotato di una sonda alla profondità di -18.3 m (da B.P.). I parametri statistici calcolati per le tre variabili sono presentati qui di seguito.

Tabella 8: Temperatura PZ04 [°C]

Mese	N. misure	Minimo	Media	P25	Mediana	P75	Massimo	Dev St.
luglio-24	54	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20	0.00
agosto-24	124	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20	0.00
settembre-24	120	16.20	16.21	16.20	16.21	16.21	16.21	0.00
ottobre-24	124	16.21	16.21	16.21	16.21	16.21	16.21	0.00
novembre-24	120	16.21	16.21	16.21	16.21	16.21	16.22	0.00
dicembre-24	124	16.08	16.22	16.22	16.22	16.22	16.22	0.01
gennaio-25	123	16.22	16.22	16.22	16.22	16.22	16.22	0.00
febbraio-25	112	16.22	16.23	16.23	16.23	16.23	16.23	0.00
marzo-25	124	16.22	16.23	16.23	16.23	16.23	16.23	0.00
aprile-25	120	16.23	16.23	16.23	16.23	16.23	16.23	0.00
maggio-25	124	16.23	16.24	16.23	16.24	16.24	16.24	0.00
giugno-25	120	16.24	16.25	16.24	16.25	16.25	16.26	0.01

Tabella 9: Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$] e Quota falda [m s.l.m.] PZ04

Mese	N. misure	Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$]			Quota falda [m s.l.m.]		
		Minimo	Media	Massimo	Minimo	Media	Massimo
luglio-24	54	1019	1023	1027	17.79	17.93	18.06
agosto-24	124	985	1004	1019	17.58	17.79	17.93
settembre-24	120	964	979	1081	17.60	17.79	17.94
ottobre-24	124	963	967	973	17.90	18.31	18.78
novembre-24	120	960	962	966	18.04	18.23	18.52
dicembre-24	124	966	1007	1124	18.00	18.18	18.32
gennaio-25	123	1004	1016	1024	18.04	18.10	18.17
febbraio-25	112	1024	1027	1029	18.14	18.20	18.27
marzo-25	124	1028	1044	1102	18.23	18.42	18.75
aprile-25	120	1018	1027	1034	18.19	18.28	18.42
maggio-25	124	1002	1009	1018	18.17	18.28	18.38
giugno-25	120	1003	1019	1132	17.72	18.00	18.20

Nel grafico in alto (in verde) viene riportato l'andamento della Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$] nel periodo monitorato e nel grafico in basso (in rosso) la Temperatura dell'acqua [$^{\circ}\text{C}$] nel medesimo periodo.

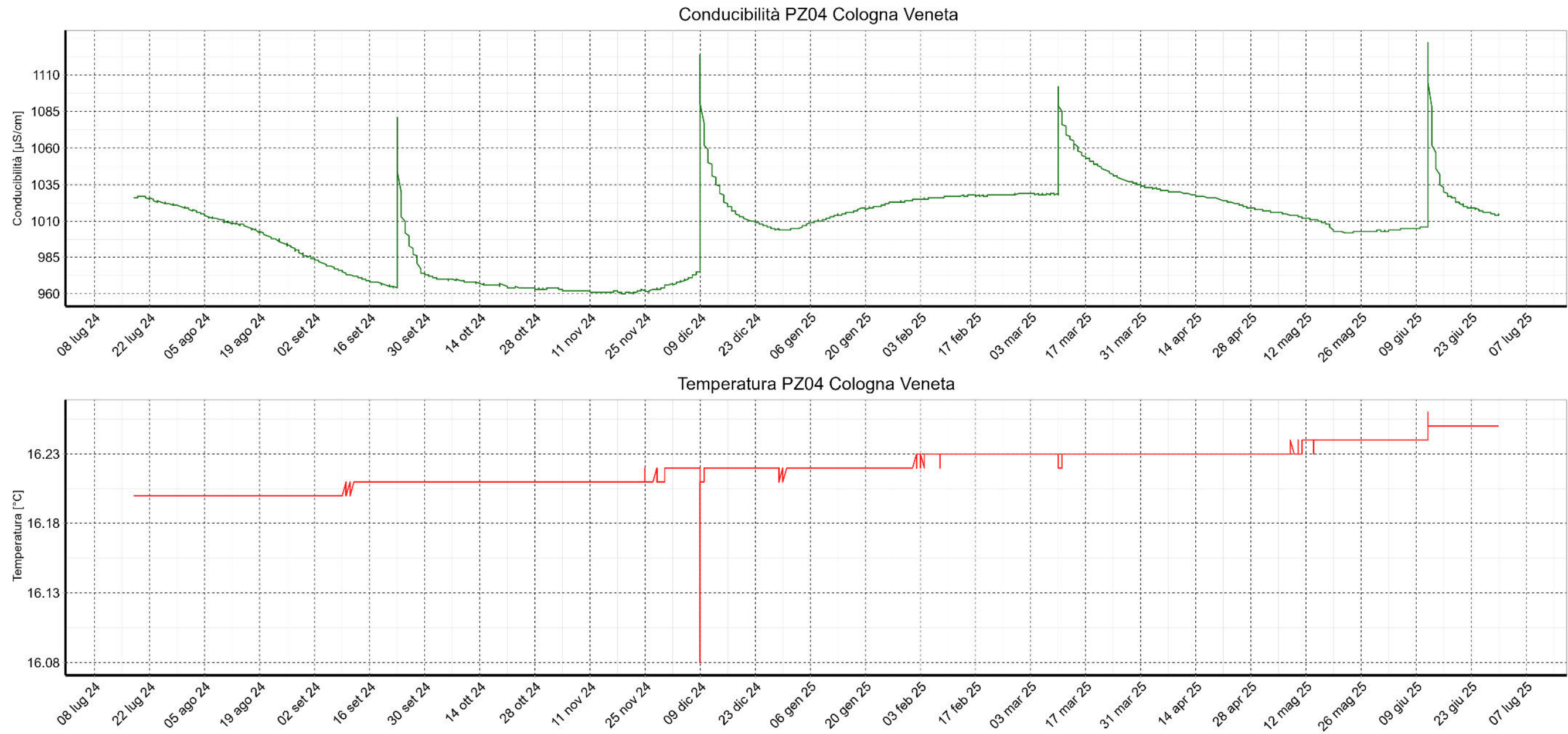


Figura 13: Conducibilità-Temperatura PZ04

Andamento della variazione della Quota della falda associata alle Precipitazioni cumulate giornaliere.

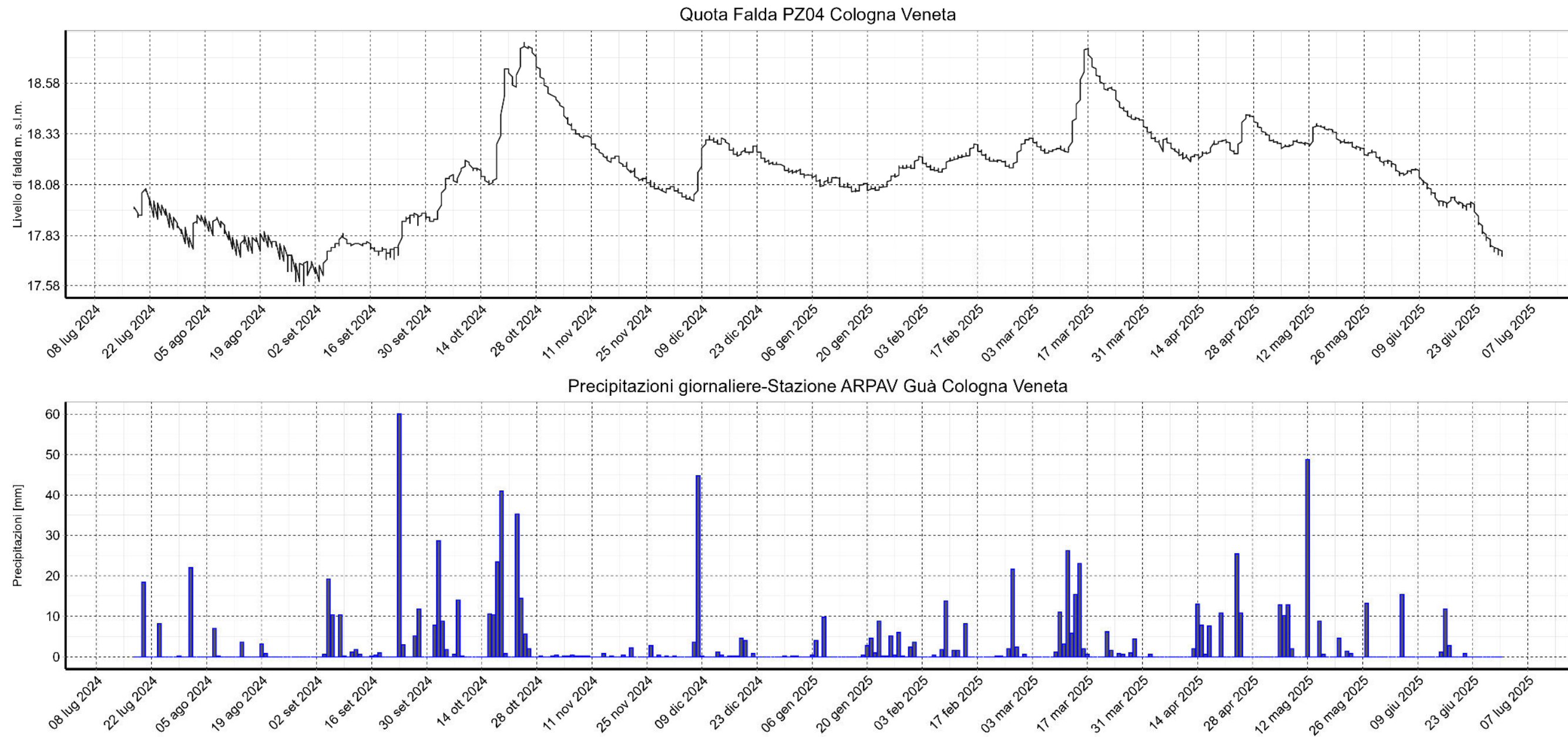


Figura 14: Quota falda - Precipitazioni giornaliere PZ04

Confronto tra la Temperatura media giornaliera misurata a 2 mt. dal suolo e la Temperatura dell'acqua registrata dalla sonda.

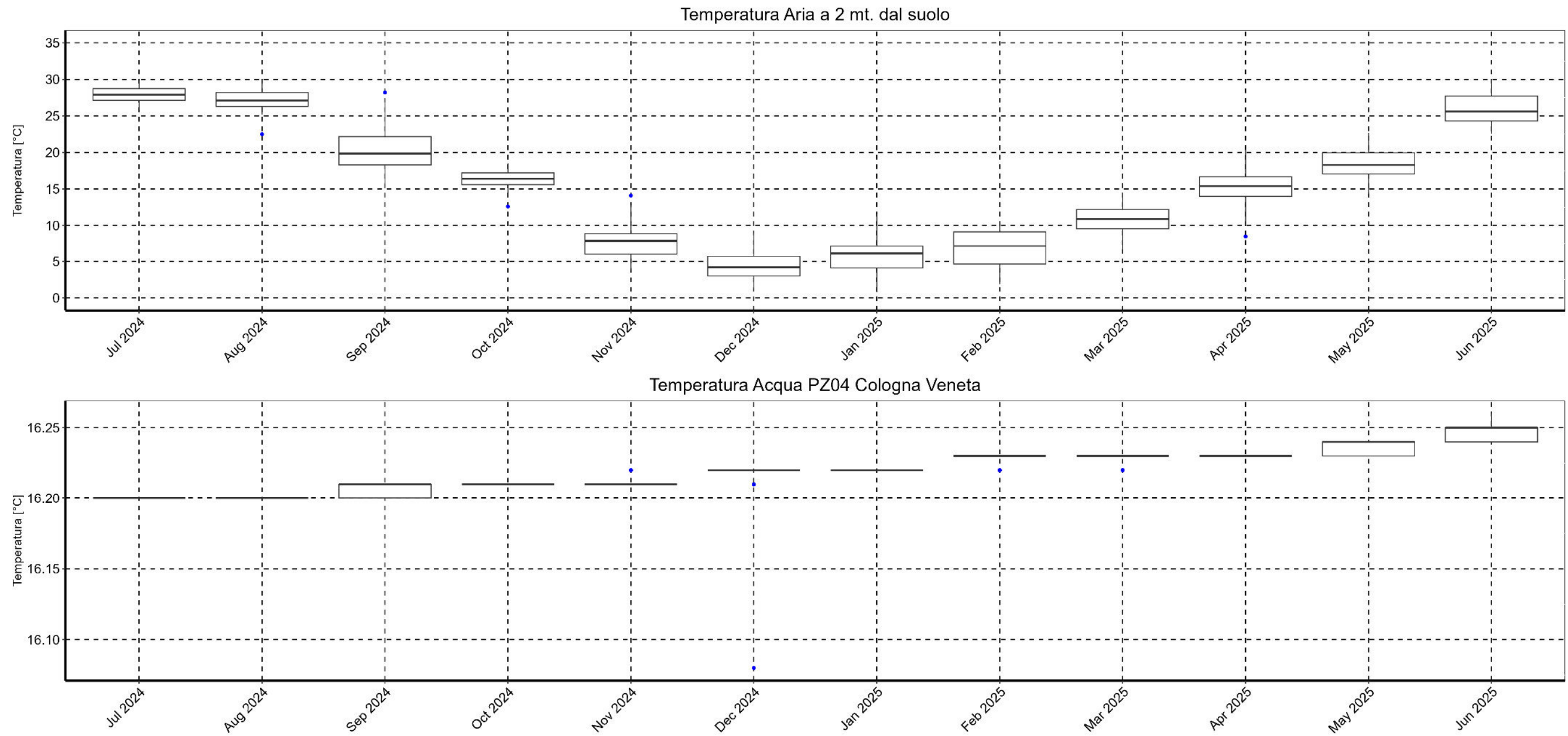


Figura 15: Temperatura acqua-aria PZ04

Osservazioni:

Nell'analizzare i livelli di falda, possiamo notare che i livelli minimi si riscontrano a fine agosto/settembre ($H_{min} = 17.58$ m s.l.m. il 30/08/2024), un andamento analogo a tutti gli altri piezometri, mentre i massimi del livello piezometrico sono conseguenti a fenomeni di precipitazione intensa (Figura 14):

- Il 25/10/2024 si registra un valore della quota falda $H=18.780$ m s.l.m. (valore massimo registrato) in seguito a un valore di precipitazione complessivo di 124.2 mm caduto tra il 17/10/2024 e il 24/10/2024, con un incremento del livello di 68.0 cm nello stesso periodo;
- Il 17/03/2025 si registra un valore della quota falda $H=18.752$ m s.l.m. in seguito ad un evento di precipitazione complessivo di 87.8 mm caduto tra il 09/03/2025 e il 16/03/2025 ed un incremento di 49.5 cm nello stesso periodo.

Si può inoltre notare come in periodi differenti dell'anno si abbiano risposte diverse della falda ad eventi di precipitazione simili:

- Il 08/12/2024 a seguito di una pioggia di 44.8 mm si ha un incremento istantaneo di +27 cm;
- Il 12/05/2025 un evento di pioggia di 48.8 mm provoca un incremento della quota falda di +6 cm.

Tale fenomeno potrebbe essere legato ad un livello di saturazione del sistema acquifero che a dicembre risultava in progressivo depauperamento, diversamente da quanto accade invece a maggio.

Per quanto riguarda la temperatura, si può notare come ci sia un lieve incremento lungo il periodo di monitoraggio (Figura 15), è da notare inoltre come probabilmente ci sia un'anomalia di $T=16,08^{\circ}\text{C}$ il 09/12/2024 probabilmente legata all'attività di campionamento (Figura 13).

La conducibilità presenta dei picchi che si collocano esattamente in corrispondenza delle attività di campionamento (23/09/2024, 09/12/2024, 10/03/2024, 12/06/2024). Si può comunque osservare come a seguito del campionamento, la variabile tenda a ritornare allo stato originario. Non considerando i picchi, possiamo osservare come la conducibilità arrivi ad un minimo nei mesi di ottobre/novembre per poi riiniziare a crescere fino ai valori massimi di marzo (Figura 13).

PZ01 - ESTE

Situato in Via Leonardo da Vinci in comune di Este (coordinate WGS84 45,21973398; 11,78779693), il piezometro profondo -15.00 m (da B.P., bocca pozzo) è dotato di una sonda alla profondità di -10.1 m (da B.P.).

I parametri statistici calcolati per le tre variabili sono presentati qui di seguito.

Tabella 10: Temperatura PZ01 [°C]

Mese	N. misure	Minimo	Media	P25	Mediana	P75	Massimo	Dev St.
luglio-24	53	17.49	17.51	17.51	17.51	17.52	17.54	0.01
agosto-24	124	17.47	17.49	17.48	17.49	17.50	17.52	0.01
settembre-24	120	17.47	17.52	17.51	17.52	17.53	17.55	0.02
ottobre-24	124	17.52	17.56	17.54	17.55	17.58	17.60	0.02
novembre-24	120	17.60	17.62	17.62	17.63	17.63	17.65	0.01
dicembre-24	124	17.65	17.67	17.66	17.67	17.69	17.70	0.02
gennaio-25	124	17.70	17.72	17.71	17.72	17.73	17.75	0.01
febbraio-25	112	17.75	17.77	17.76	17.77	17.78	17.79	0.01
marzo-25	124	17.78	17.80	17.79	17.80	17.82	17.83	0.01
aprile-25	120	17.83	17.86	17.85	17.86	17.87	17.88	0.01
maggio-25	124	17.88	17.90	17.90	17.90	17.91	17.92	0.01
giugno-25	120	17.85	17.91	17.89	17.91	17.93	17.93	0.02

Tabella 11: Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$] e Quota falda [m s.l.m.] PZ01

Mese	N. misure	Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$]			Quota falda [m s.l.m.]		
		Minimo	Media	Massimo	Minimo	Media	Massimo
luglio-24	53	1203	1206	1208	6.60	6.64	6.70
agosto-24	124	1202	1203	1206	6.43	6.53	6.62
settembre-24	120	1204	1213	1221	6.38	6.54	7.15
ottobre-24	124	1221	1233	1245	6.47	6.72	7.06
novembre-24	120	1245	1255	1264	6.60	6.68	6.80
dicembre-24	124	1260	1265	1268	6.57	6.72	7.03
gennaio-25	124	1264	1266	1268	6.61	6.65	6.70
febbraio-25	112	1243	1263	1265	6.61	6.67	6.74
marzo-25	124	1238	1242	1250	6.66	6.82	7.06
aprile-25	120	1237	1239	1241	6.67	6.74	6.90
maggio-25	124	1233	1236	1239	6.61	6.67	6.76
giugno-25	120	1174	1212	1233	6.54	6.63	6.75

Nel grafico in alto (in verde) viene riportato l'andamento della Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$] nel periodo monitorato e nel grafico in basso (in rosso) la Temperatura dell'acqua [$^{\circ}\text{C}$] nel medesimo periodo.

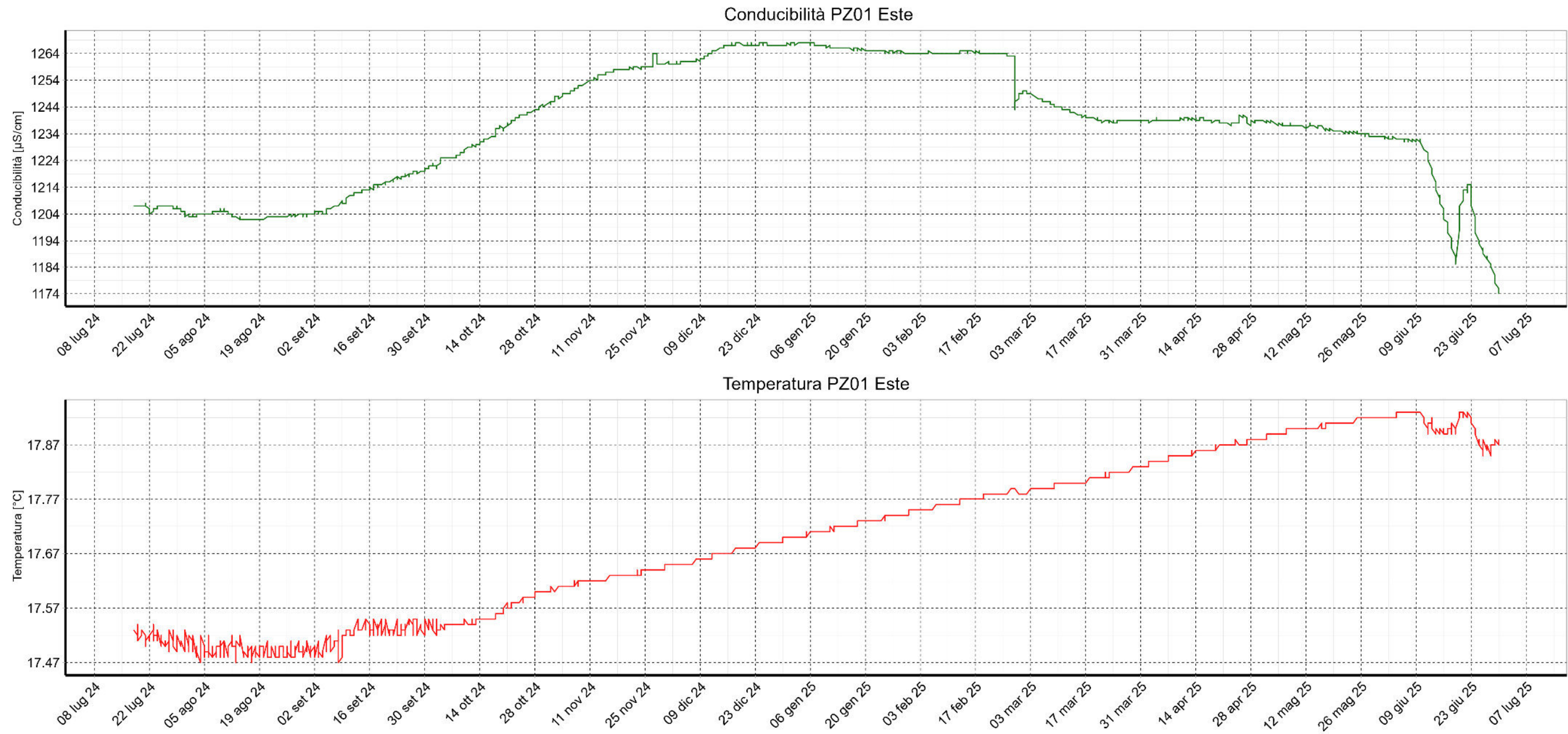


Figura 16: Conducibilità-Temperatura PZ01

Andamento della variazione della Quota della falda associata alle Precipitazioni cumulate giornaliere:

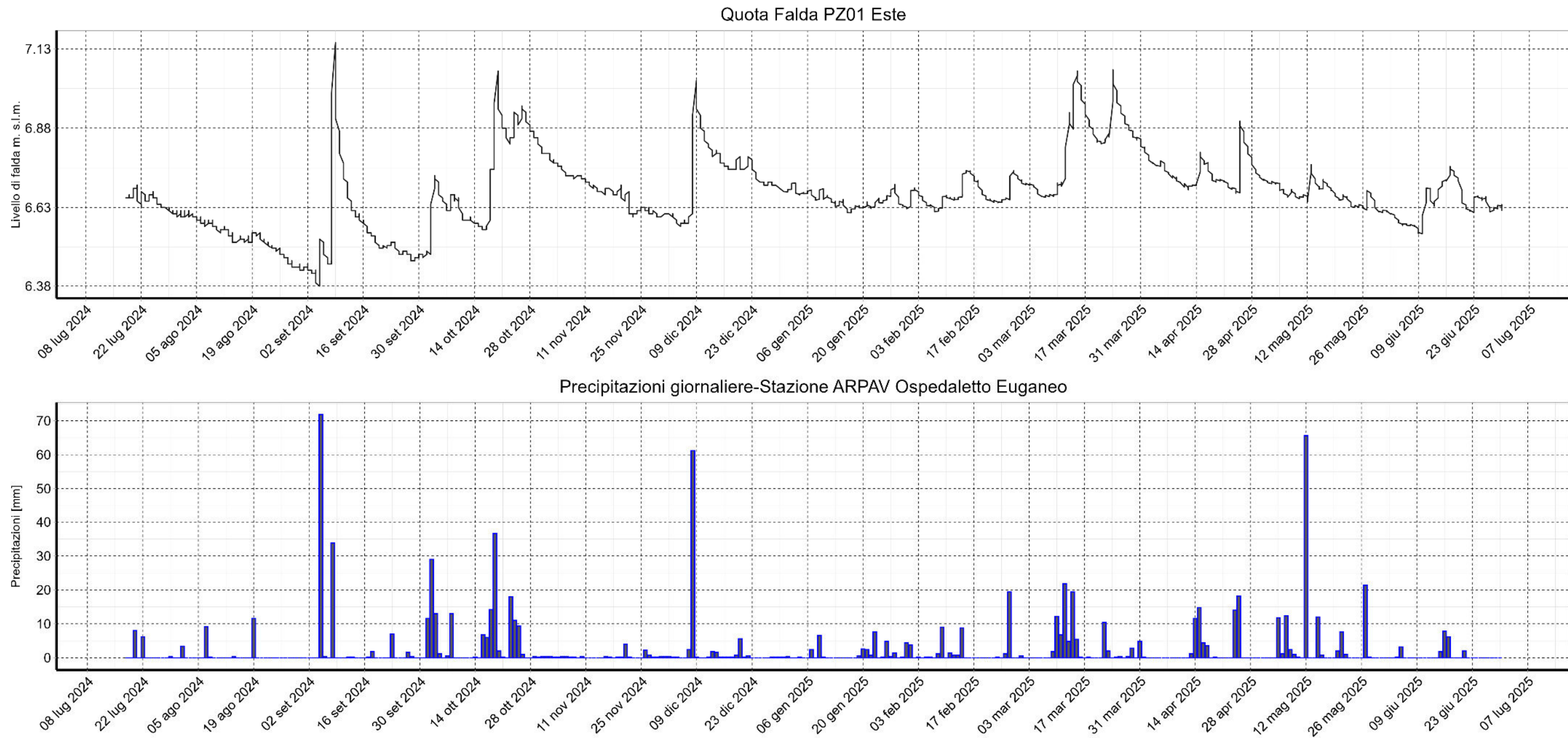


Figura 17: Quota falda - Precipitazioni giornaliere PZ01

Confronto tra la Temperatura media giornaliera misurata a 2 mt. dal suolo e la Temperatura dell'acqua registrata dalla sonda.

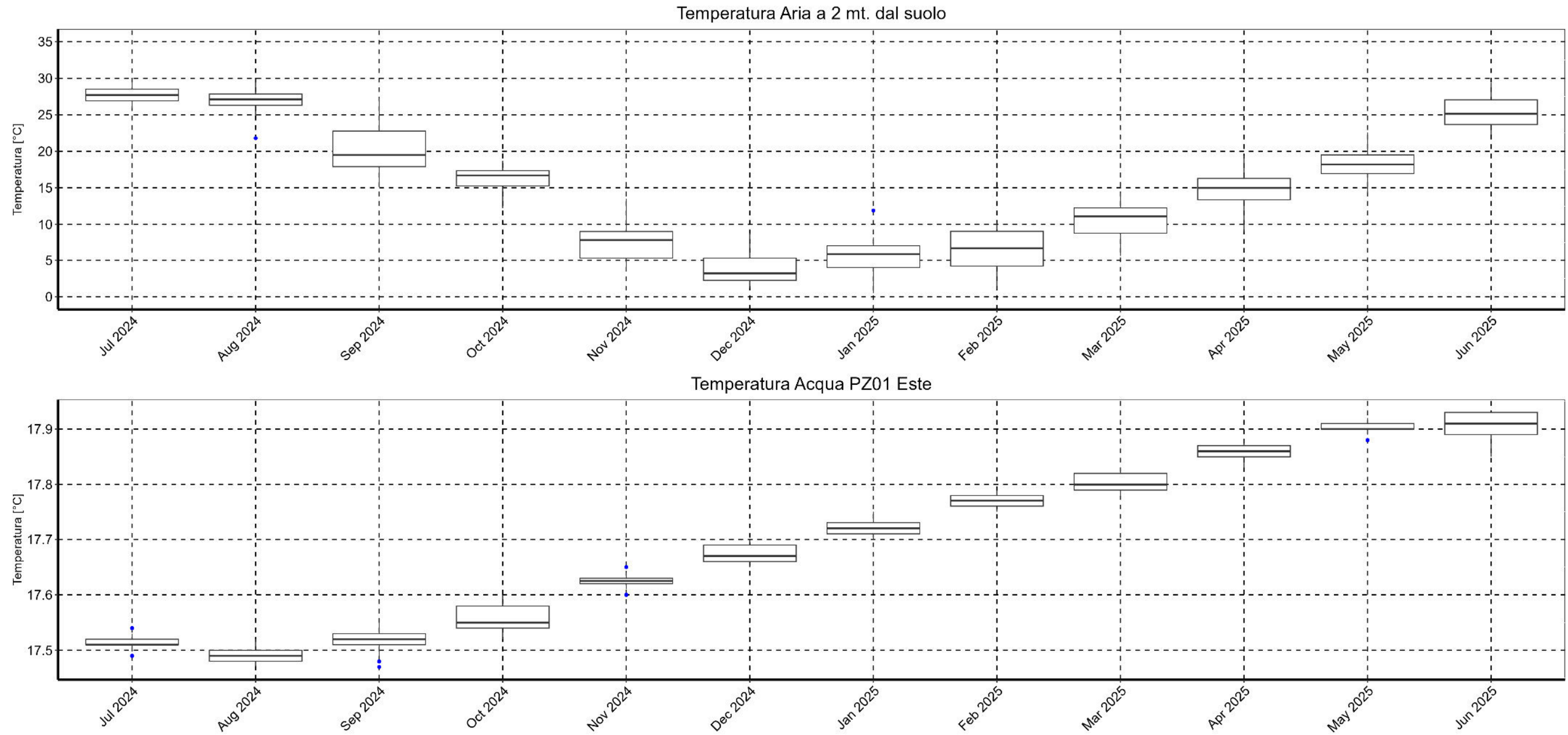


Figura 18: Temperatura acqua-aria PZ01

Osservazioni:

Per quanto riguarda i livelli di falda, si può notare come i tempi di risposta siano molto rapidi a seguito delle precipitazioni. Questo comportamento si deve probabilmente alla permeabilità del terreno in prevalenza sabbioso nel tratto fenestrato. Inoltre la distanza tra l'acquifero e la relativa area di infiltrazione è ridotta ed è presente una sola lente di materiale coesivo che verosimilmente non rappresenta un livello isolante tra le acque di infiltrazione diretta e l'acquifero. In alcuni casi tale conformazione porta ad un incremento sensibile del livello, ad esempio l'evento piovoso del 08/12/2024 di 61.2 mm dove il livello piezometrico aumenta di +42 cm in 24h (Figura 17).

Si ha una variazione apprezzabile della temperatura dell'acqua durante il periodo monitorato. I valori minimi si collocano nel periodo estivo del 2024 (Agosto-Settembre) per poi crescere linearmente da Ottobre 2024 a Maggio 2025, con una variazione assoluta di 0,46°C tra il massimo e minimo valore registrati ($T_{min} = 17.47^{\circ}\text{C}$ il 17/08/2024 e $T_{max} = 17.93^{\circ}\text{C}$ il 04/06/2025) (Figura 16 e Figura 18).

Osservando l'andamento della conducibilità si può notare come anch'essa segua una sorta di stagionalità, concentrazioni minime ($C=1202 \mu\text{S/cm}$ il 20/08/2024) corrispondenti ai livelli minimi della falda (Agosto-Settembre 2024), mentre nel periodo invernale si ha un incremento della variabile monitorata ($C= 1268 \mu\text{S/cm}$ il 17/12/2024) associati dei livelli di falda maggiori.

Il campionamento del 25/02/2025 sembra influenzare la registrazione della sonda, in quanto vi è un decremento netto di $10 \mu\text{S/cm}$ (Figura 16).

PZ26 - TRISSINO

Situato in Via Del Dugale in comune di Trissino (coordinate WGS84 45,55469337; 11,36537393), il piezometro profondo -30.00 m (da B.P., bocca pozzo), è dotato di una sonda alla profondità di -20.1 m (da B.P). I parametri statistici calcolati per le tre variabili sono presentati qui di seguito.

Tabella 12: Temperatura PZ26 [°C]

Mese	N. misure	Minimo	Media	P25	Mediana	P75	Massimo	Dev. St.
luglio-24	91	12.99	13.00	13.00	13.01	13.01	13.02	0.01
agosto-24	124	12.99	13.00	12.99	13.00	13.01	13.01	0.01
settembre-24	120	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.06	0.01
ottobre-24	124	12.96	13.02	13.00	13.00	13.01	13.29	0.05
novembre-24	120	12.99	13.00	12.99	13.00	13.00	13.00	0.00
dicembre-24	124	12.99	12.99	12.99	12.99	12.99	12.99	0.00
gennaio-25	124	12.98	12.99	12.99	12.99	12.99	12.99	0.00
febbraio-25	112	12.98	12.98	12.98	12.98	12.98	12.98	0.00
marzo-25	124	12.98	13.00	12.98	12.99	12.99	13.11	0.03
aprile-25	120	12.98	12.99	12.98	12.98	12.99	13.19	0.03
maggio-25	124	12.98	12.98	12.98	12.98	12.98	12.98	0.00
giugno-25	120	12.98	12.99	12.99	12.99	12.99	12.99	0.00

Tabella 13: Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$] e Quota falda [m s.l.m.] PZ26

Mese	N. misure	Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$]			Quota falda [m s.l.m.]		
		Minimo	Media	Massimo	Minimo	Media	Massimo
luglio-24	91	511	512	517	103.38	104.23	105.23
agosto-24	124	508	512	517	100.09	101.94	103.36
settembre-24	120	510	512	513	100.12	100.79	101.33
ottobre-24	124	505	511	527	101.30	104.71	106.79
novembre-24	120	505	509	513	104.43	105.96	106.81
dicembre-24	124	507	511	513	101.69	102.87	104.41
gennaio-25	124	506	509	511	100.88	101.32	103.09
febbraio-25	112	508	509	510	102.56	102.87	103.08
marzo-25	124	506	512	528	102.12	104.65	107.34
aprile-25	120	510	516	553	104.35	105.57	108.14
maggio-25	124	512	514	515	105.26	105.48	105.66
giugno-25	120	513	514	516	102.84	104.25	105.24

Nel grafico in alto (in verde) viene riportato l'andamento della Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$] nel periodo monitorato e nel grafico in basso (in rosso) la Temperatura dell'acqua [$^{\circ}\text{C}$] nel medesimo periodo.

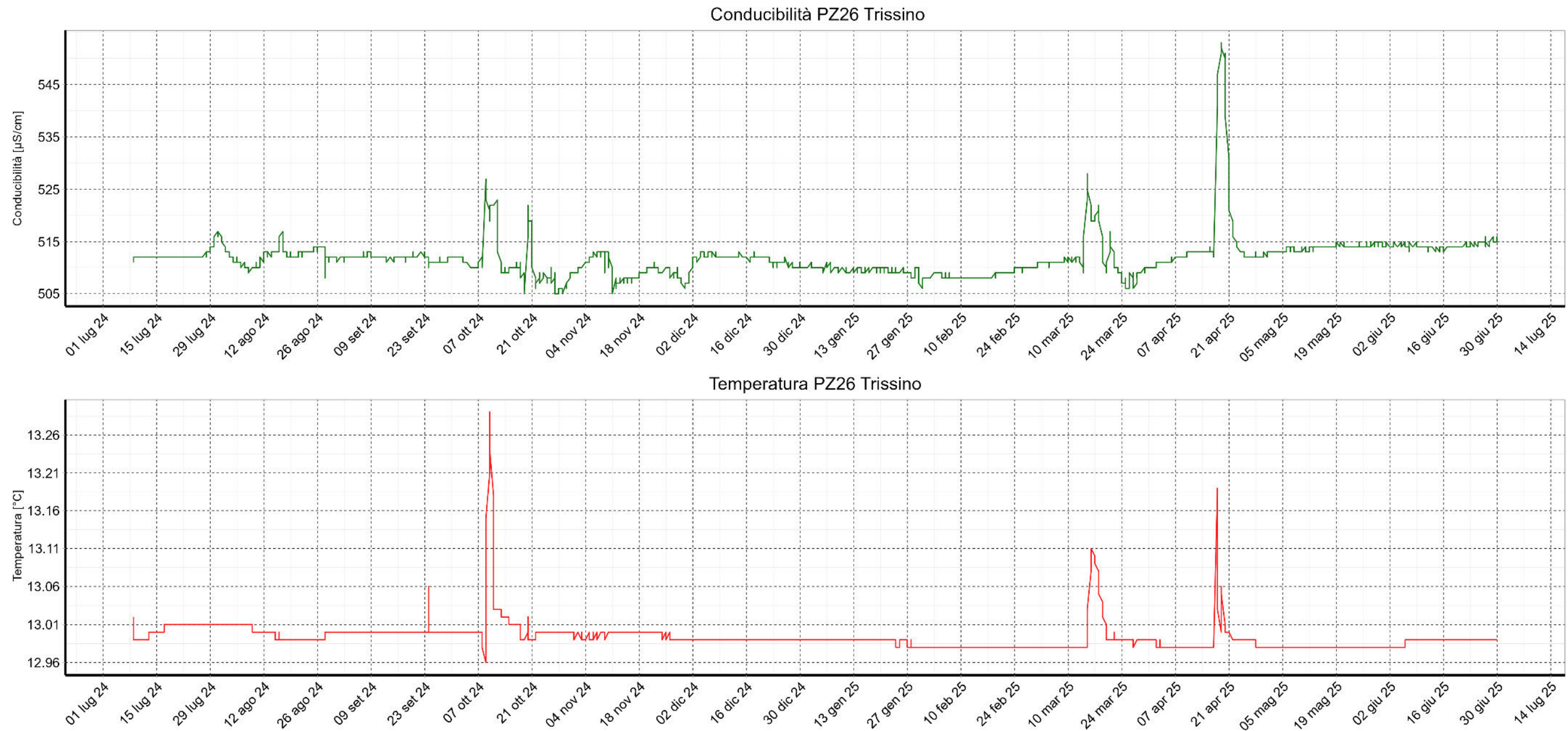


Figura 19: Conducibilità-Temperatura PZ26

Andamento della variazione della Quota della falda associata alle Precipitazioni cumulate giornaliere.

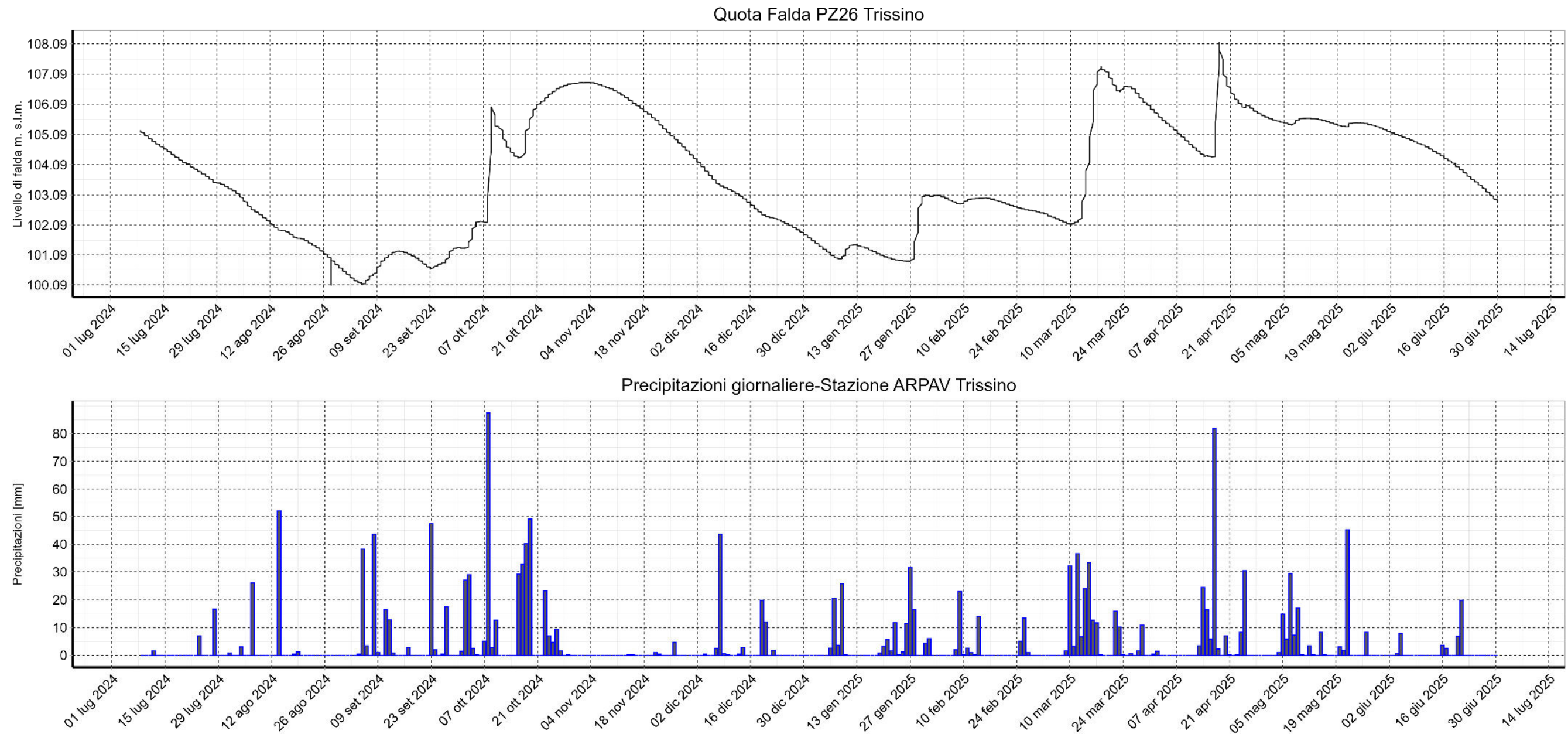


Figura 20: Quota falda - Precipitazioni giornaliere PZ26

Confronto tra la Temperatura media giornaliera misurata a 2 mt. dal suolo e la Temperatura dell'acqua registrata dalla sonda.

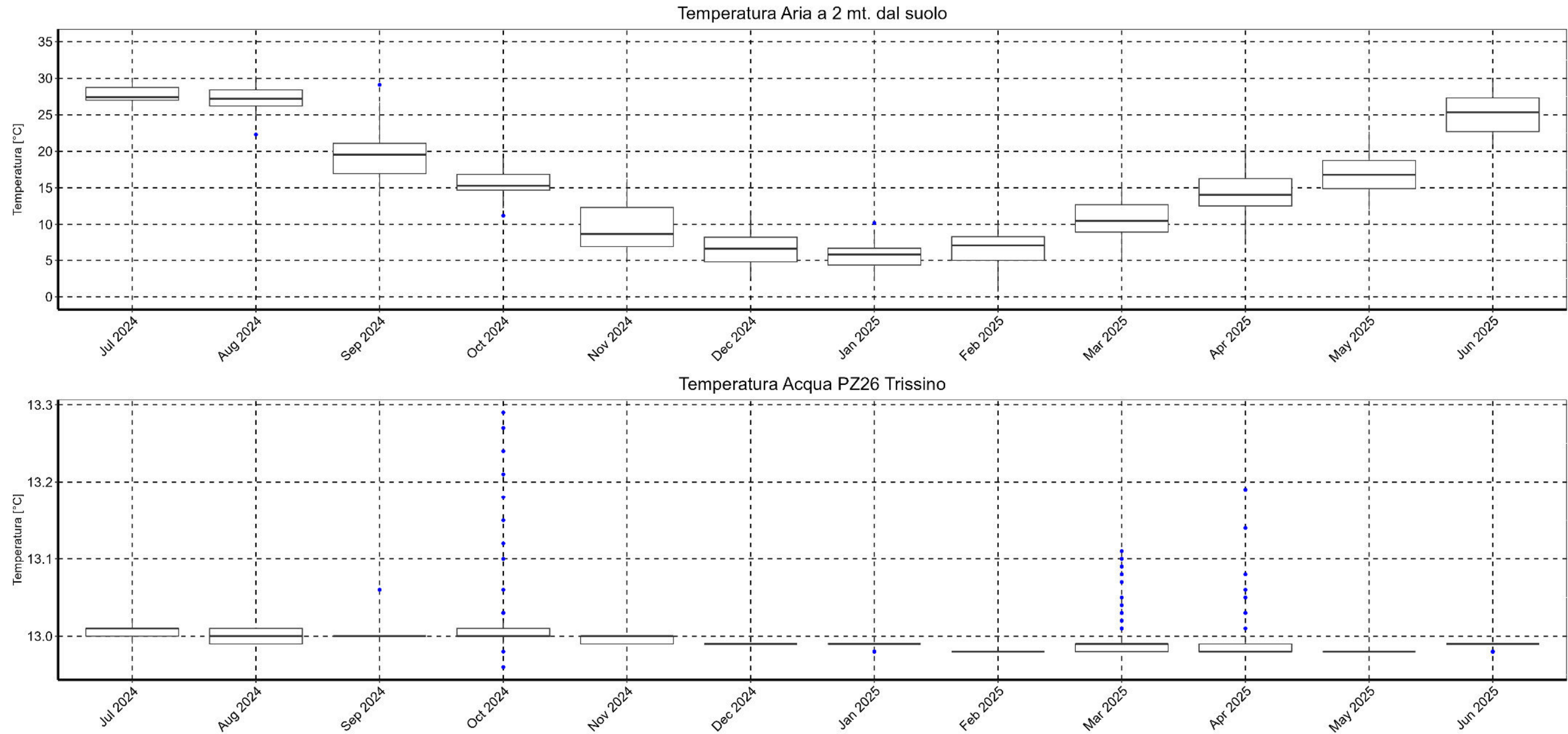


Figura 21: Temperatura acqua-aria PZ26

Osservazioni:

In merito al livello dell'acquifero, è notevole la variabilità tra il massimo e minimo valore di $\Delta H=8.05$ m ($H_{min}=100.090$ m s.l.m. il 28/08/2024 e $H_{max}=108.140$ m s.l.m. il 18/04/2025): sono dunque presenti delle oscillazioni sensibili lungo la durata del monitoraggio. In particolare, delle variazioni nette si riscontrano a seguito di precipitazioni intense:

- In data 08/10/2024 una precipitazione di 88 mm provoca un innalzamento della falda di +3.82 m il 09/10/2025;
- Il 17/04/2025 un evento piovoso di 81.8 mm fa registrare un successivo incremento di +3.78 m.

Si ritiene utile anche riportare qualche nota in merito ai livelli minimi dell'acquifero. A differenza dei piezometri di bassa pianura che durante il periodo invernale mantengono un livello abbastanza costante anche in assenza di precipitazioni, nei dati riferiti all'acquifero in questione, è possibile notare come nel mese di gennaio vi sia un punto di minimo oltre a quello registrato a fine estate. Una condizione dovuta probabilmente alla composizione ghiaiosa del terreno e un maggior drenaggio rispetto ai terreni di bassa pianura (Figura 20).

La temperatura si mantiene costante lungo tutto il periodo monitorato, con variazioni trascurabili tra massimo e minimo ($T_{min}=12.96^{\circ}\text{C}$ il 09/10/2024 e $T_{max}=13.29^{\circ}\text{C}$ il 10/10/2024). Gli unici eventi da riportare sono i picchi di temperatura in seguito a intensi eventi piovosi (Figura 19).

Anche la conducibilità è un parametro che rimane costante nel tempo ($C_{min}=505$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ il 19/10/2024 e $C_{max}=553$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ il 19/04/2024) e, come la temperatura, varia soltanto a seguito di precipitazioni significative (Figura 19).

I campionamenti eseguiti in data 24/09/2024 e 10/03/2025 non sembrano avere impatti significativi sulla registrazione dei dati, a differenza di altri piezometri.

PZ22 - CHIAMPO

Situato in Via Lago di Molveno in comune di Chiampo (coordinate WGS84 45,52984463; 11,3053778), il piezometro profondo -36.00 m (da B.P., bocca pozzo), è dotato di una sonda alla profondità di -20.1 m (da B.P.).

I parametri statistici calcolati per le tre variabili vengono riportati qui di seguito.

Tabella 14: Temperatura PZ22 [°C]

Mese	N. misure	Minimo	Media	P25	Mediana	P75	Massimo	Dev St.
luglio-24	90	12.66	12.77	12.71	12.77	12.81	12.90	0.07
agosto-24	124	12.89	13.03	12.95	13.01	13.09	13.25	0.10
settembre-24	120	13.25	13.64	13.55	13.63	13.72	14.09	0.19
ottobre-24	124	14.02	14.78	14.38	14.85	15.09	15.22	0.36
novembre-24	120	14.95	15.11	15.06	15.11	15.15	15.26	0.06
dicembre-24	124	13.96	14.67	14.20	14.87	14.93	15.03	0.39
gennaio-25	124	13.96	14.41	14.33	14.42	14.54	14.64	0.16
febbraio-25	112	13.51	13.82	13.68	13.78	13.99	14.17	0.18
marzo-25	124	12.76	13.15	12.89	13.09	13.43	13.64	0.28
aprile-25	120	12.35	12.66	12.52	12.70	12.79	12.94	0.16
maggio-25	124	12.29	12.38	12.35	12.38	12.41	12.51	0.05
giugno-25	120	12.32	12.48	12.40	12.47	12.55	12.65	0.09

Tabella 15: Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$] e Quota falda [m s.l.m.] PZ22

Mese	N. misure	Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$]			Quota falda [m s.l.m.]		
		Minimo	Media	Massimo	Minimo	Media	Massimo
luglio-24	90	400	407	414	129.96	130.28	130.75
agosto-24	124	391	403	408	129.94	130.37	130.61
settembre-24	120	400	407	500	129.41	129.88	130.37
ottobre-24	124	400	411	424	130.04	131.42	132.51
novembre-24	120	424	435	447	129.88	131.20	132.02
dicembre-24	124	405	438	502	129.07	129.77	130.56
gennaio-25	124	402	417	503	129.97	130.41	130.75
febbraio-25	112	400	402	406	130.28	130.66	130.92
marzo-25	124	394	399	416	130.23	130.71	131.16
aprile-25	120	397	399	402	130.28	130.81	131.29
maggio-25	124	397	401	407	130.66	130.96	131.20
giugno-25	120	390	395	400	129.40	130.22	130.98

Nel grafico in alto (in verde) viene riportato l'andamento della Conducibilità [$\mu\text{S}/\text{cm}$] nel periodo monitorato e nel grafico in basso (in rosso) la Temperatura dell'acqua [$^{\circ}\text{C}$] nel medesimo periodo.

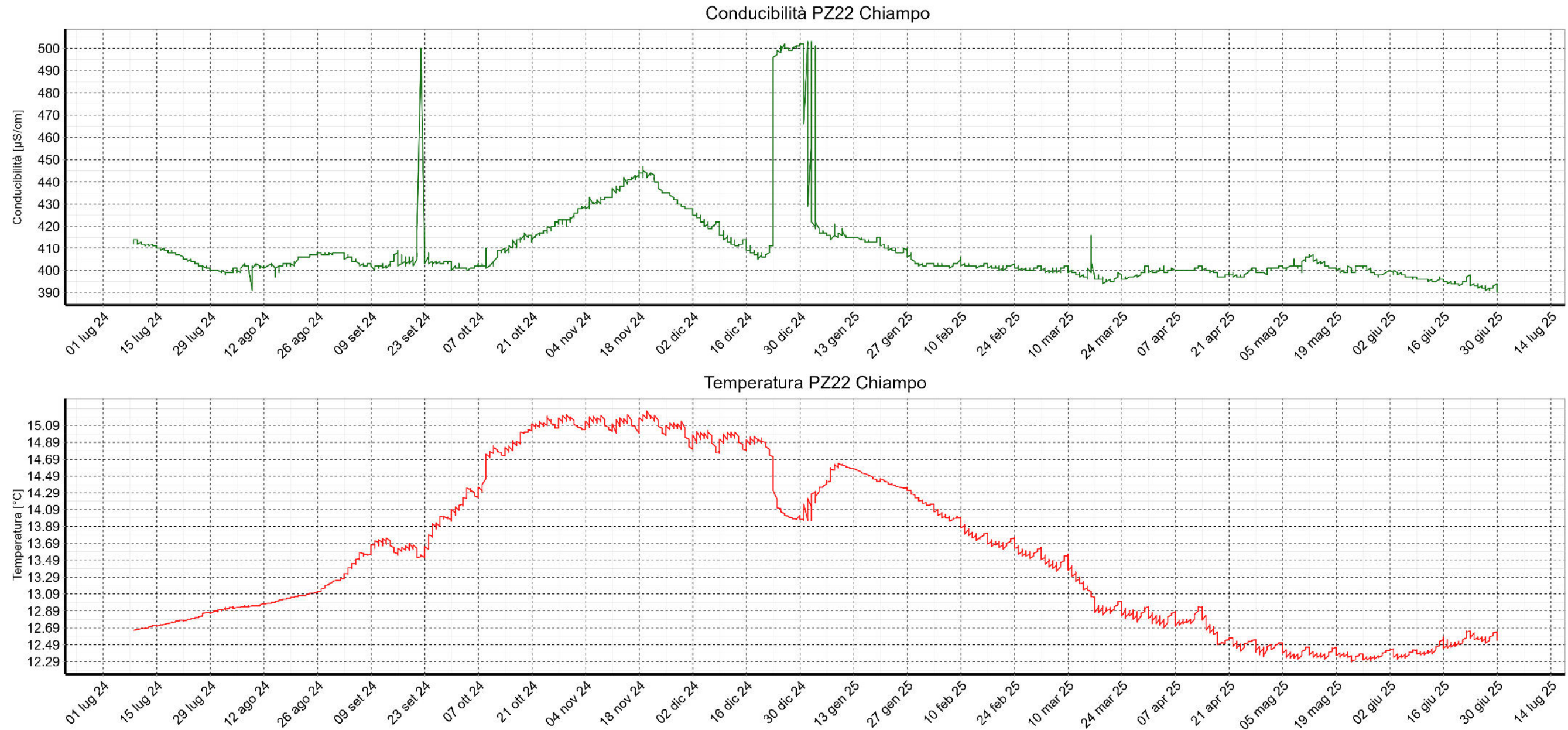


Figura 22: Conducibilità – Temperatura PZ22

Andamento della variazione della Quota della falda associata alle Precipitazioni cumulate giornaliere.

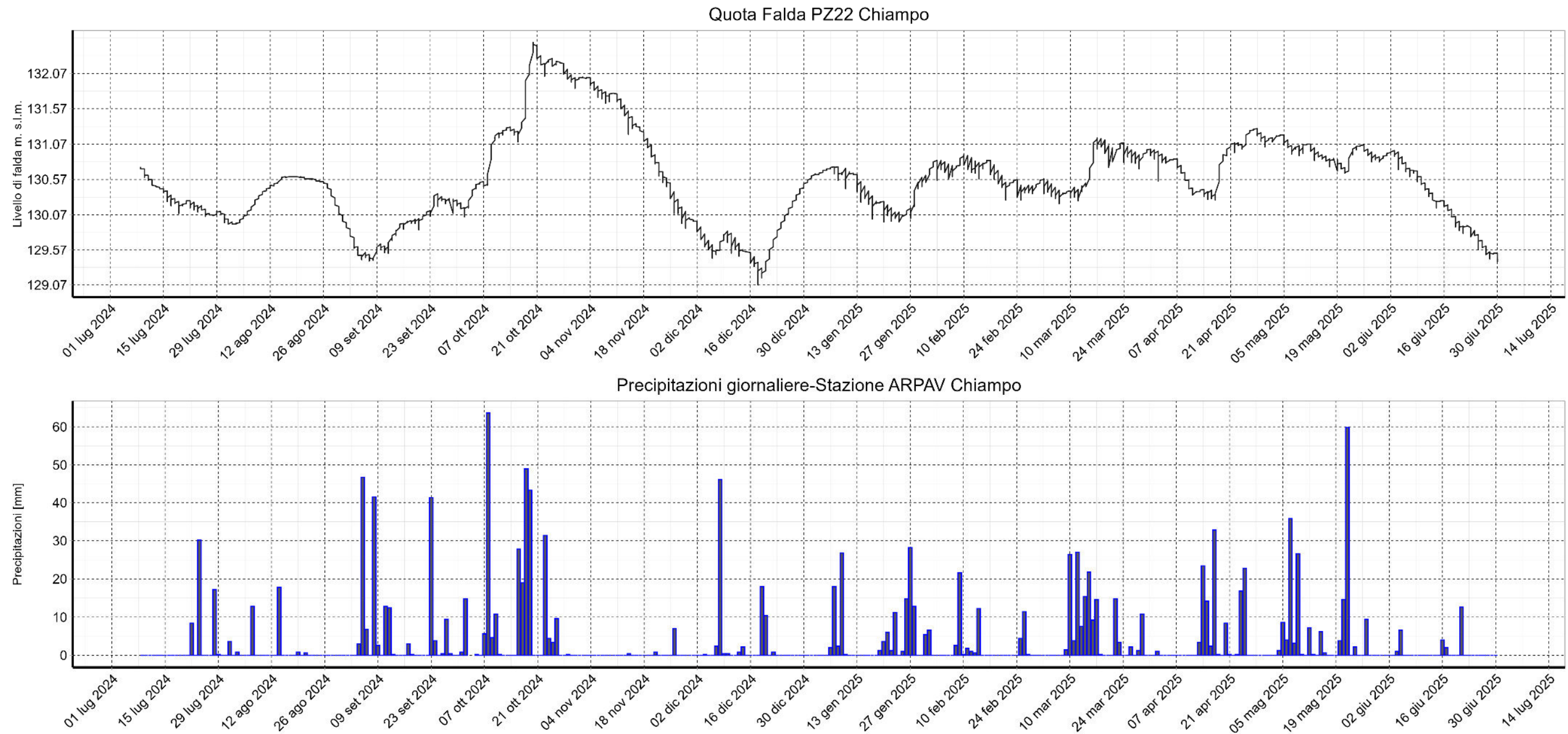


Figura 23: Quota falda - Precipitazioni giornaliere PZ22

Confronto tra la Temperatura media giornaliera misurata a 2 mt. dal suolo e la Temperatura dell'acqua registrata dalla sonda.

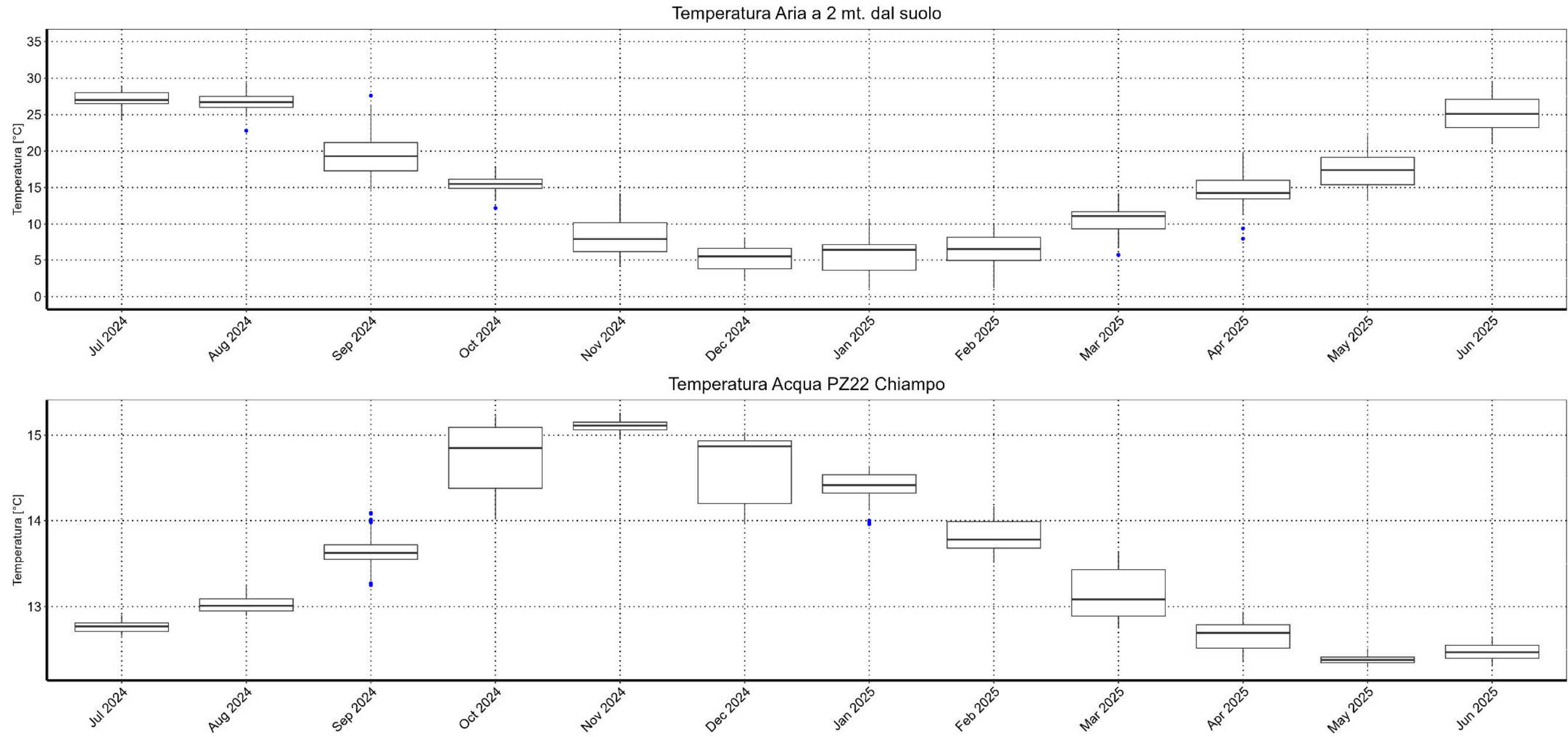


Figura 24: Temperatura acqua - aria PZ22

Osservazioni:

Analizzando i livelli di falda possiamo notare che:

- il livello minimo di $H_{min} = 129.07$ m s.l.m. si registra il 18/12/2024, mentre il valore massimo $H_{max} = 132.51$ m s.l.m. avviene il 20/10/2024, con una variazione assoluta tra massimo e minimo di $\Delta H = 3.44$ m;
- si possono identificare due diversi periodi di minimo: il primo, tra agosto e settembre, nonostante il periodo sia caratterizzato da alcune precipitazioni e il secondo a dicembre a causa della quasi assenza di precipitazioni nel mese precedente;
- nella seconda metà di dicembre c'è un aumento graduale del livello di falda ma non ci sono precipitazioni significative da giustificarlo mentre nello stesso periodo avviene un incremento della conducibilità e una diminuzione della temperatura. Analizzando le precipitazioni nevose del periodo precedente, tramite la stazione meteo posizionata al Rifugio la Guardia Recoaro Terme², si registra una nevicata di +41 mm il 08/12/2024 seguita da alcune giornate di caldo eccezionale in quota (Temperature massime in quota 14.9°C il 16/12 e 11.7°C il 17/12). Si ipotizza dunque che l'acquifero risenta dell'ingresso in falda dell'acqua generata dal processo fusione della neve.

Osservando la temperatura, possiamo notare come questa variabile subisca delle variazioni significative tra la stagione estiva e quella invernale. Un aumento di temperatura durante il periodo invernale ($T_{max} = 15.26^\circ\text{C}$ il 20/11/2024) e una diminuzione sensibile nel periodo primaverile/estivo ($T_{min} = 12.29^\circ\text{C}$ il 23/05/2025), con una variazione assoluta tra massimo e minimo di $\Delta T = 2,97^\circ\text{C}$. Il confronto tra la temperatura esterna dell'aria e la temperatura dell'acquifero evidenzia un comportamento opposto tra le due variabili, ipotizzando una possibile inerzia termica del sottosuolo, in cui l'impulso termico estivo raggiunge i livelli più profondi con un ritardo di diversi mesi (Figura 24)

L'andamento della conducibilità ha delle similitudini con la variazione della falda: è possibile notare come le frequenti precipitazioni del mese di ottobre influenzino la crescita della conducibilità. Parametro che poi si manterrà pressoché costante durante il periodo di monitoraggio eccetto per il picco dovuto al caso qui sopra descritto e un aumento anomalo di 500 $\mu\text{S/cm}$ il 22/09/2024 (Figura 22).

² Dati storici meteo Idro-Nivo ARPAV: https://wwwold.arpa.veneto.it/bollettini/storico/Mappa_2024_PREC.htm?t=RG

ALLEGATO D

PRESENTAZIONE DEI DATI RELATIVI ALL'ATTIVITÀ DI ANALISI ED ELABORAZIONE NON-TARGET (NTA) SU ALCUNI
CAMPIONI DI ACQUE SOTTERRANEE

SOMMARIO

1.	INTRODUZIONE	4
2.	CONFIGURAZIONE STRUMENTALE E ANALITICA	6
3.	ELABORAZIONE FILE RAW.....	7
4.	ELABORAZIONE TARGET PER GLI IDROSSIL BENZOTRIFLUORURI (HYDROXY - BTFS)	16
5.	PROCEDURA OPERATIVA ANALISI QUANTITATIVA HBTFS	19

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1: UBICAZIONE DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO INTERESSATE DALL'ANALISI NTA.....	5
FIGURA 2: CHEMSPIDER – MW18 A 27,3 MINUTI	16
FIGURA 3: FULL SCAN – EX-RIMAR (N. CAMPIONE 952662) – ESTRAZIONE DELLE MASSE ESATTE ADDOTTI [M-H] ⁻	17
FIGURA 4: FULL SCAN – SAREGO (N. CAMPIONE 955388) – ESTRAZIONE DELLE MASSE ESATTE ADDOTTI [M-H] ⁻	17
FIGURA 5: FULL SCAN – MW18 (N. CAMPIONE 953636) – ESTRAZIONE DELLE MASSE ESATTE ADDOTTI [M-H] ⁻	18
FIGURA 6: MS-MS OTTIMIZZATO – MW18 (N. CAMPIONE 953636) A 60 NCE.....	18
FIGURA 7: CURVA DI COLLISION ENERGY-BREAKDOWN DEI COMPOSTI [1,2]	20
FIGURA 8: CURVA DI COLLISION ENERGY-BREAKDOWN DEI COMPOSTI [3,4]	20
FIGURA 9: CURVA DI COLLISION ENERGY-BREAKDOWN DEL COMPOSTO [6].....	21
FIGURA 10: CURVA DI COLLISION ENERGY-BREAKDOWN DEL COMPOSTO [7].....	21
FIGURA 11: RETTA DI TARATURA DEI COMPOSTI [1,2].....	23
FIGURA 12: RETTA DI TARATURA DEI COMPOSTI [3,4].....	24
FIGURA 13: RETTA DI TARATURA DEI COMPOSTI [6].....	24
FIGURA 14: RETTA DI TARATURA DEI COMPOSTI [7].....	24

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1: IDENTIFICAZIONE DEI CAMPIONI ANALIZZATI PER ANALISI NTA	4
TABELLA 2: CONDIZIONI HPLC OMEGA 3µM POLAR	6
TABELLA 3: ALCUNI PARAMETRI UTILIZZATI PER L'ELABORAZIONE	7
TABELLA 4: VALUTAZIONE DELLA PRESENZA IN FUNZIONE DELLA POLARITÀ DI SCANSIONE E DEL PUNTO DI PRESSIONE	7
TABELLA 5: DESCRIZIONE DEI COMPOSTI INTERROGANDO GEMINI™ DI GOOGLE	10
TABELLA 6: HBTFS SOTTOPOSTI AD INDAGINE	16
TABELLA 7: CONDIZIONI HPLC OTTIMIZZATE.....	19
TABELLA 8: ELENCO DEGLI HBTFS.....	19
TABELLA 9: NCE SCELTE PER CIASCUN COMPOSTO/I	22
TABELLA 10: FRAMMENTAZIONE DEI COMPOSTI [1,2]	22
TABELLA 11: FRAMMENTAZIONE DEI COMPOSTI [3,4]	22
TABELLA 12: FRAMMENTAZIONE DEL COMPOSTO [6].....	22
TABELLA 13: FRAMMENTAZIONE DEL COMPOSTO [7].....	22
TABELLA 14: COSTRUZIONE DELLA RETTA DI TARATURA	23
TABELLA 15: GIUDIZIO IN ACCORDO CON "GUIDELINE FOR EVALUATIVE REPORTING IN FORENSIC SCIENCE, ENFSI, 2015"	25

1. INTRODUZIONE

La NTA (*Non-Targeted Analysis*) è un approccio analitico che consiste nell'identificazione di tutte le sostanze chimiche rilevate in un campione, senza limitarsi a una lista predefinita di composti da cercare. Si basa però su un approccio statistico (probabilistico), quindi la determinazione quantitativa delle sostanze deve essere comunque seguita da una tecnica analitica specifica per i composti che sono stati evidenziati con la tecnica NTA.

Il 23 luglio 2024 si è iniziata l'attività di analisi ed elaborazioni non-target (NTA) su alcuni campioni di acque sotterranee prelevati in prossimità della sorgente di contaminazione ex-MITENI con l'obiettivo di determinare composti fluorurati di vario tipo e confermare la presenza di alcuni tipi di idrossil benzotrifluoruri (Hydroxy-BTFs o HBTFs) precedentemente individuati dal Dipartimento Regionale Laboratori di Verona.

Il motivo per il quale lo studio si è focalizzato sulla ricerca di tali composti è che questi ultimi, a partire dagli anni 1966-1967, sono stati impiegati nelle attività industriali dell'area ex-MITENI. Lo stabilimento chimico di Trissino (VI) fu realizzato alla fine del 1966 dalla società RiMar (acronimo di "Ricerche Marzotto") al fine di sviluppare le ricerche nel campo delle applicazioni tessili del gruppo Marzotto. La società, che negli anni successivi ha aumentato la propria specializzazione nella chimica del Fluoro (F), ha prodotto per decenni benzotrifluoruri (BTF), fluoroaromatici (FA) e perfluoroderivati con varie applicazioni nel mondo dell'agrochimica, della farmaceutica e dei prodotti di performance, i quali conferiscono caratteristiche particolari ai prodotti finali dei clienti, come ad esempio lo scivolamento sulla neve (per la produzione di sciolina) o l'ininfiammabilità (policarbonato e schiumogeni) [2]. In seguito all'analisi NTA quindi è stato sviluppato un primo approccio target per gli HBTFs ottimizzando le condizioni strumentali, sia per la parte cromatografica sia per la parte di rivelazione.

Le stazioni di campionamento sono riportate nella Figura 1 ed identificate come nella seguente tabella.

Tabella 1: identificazione dei campioni analizzati per analisi NTA

ID STAZIONE	DATA PRELIEVO	NUMERO CAMPIONE	CODICE SIRAV	DESCRIZIONE	TIPO	COMUNE	PROV.	ACQUIFERO	PROFONDITA' (m)
EX-RIMAR	15/02/2024	952662	500038207	Falda a valle POC2P KORIS ITALIA S.R.L.	POZZO	TRISSINO	VI	ALTA PIANURA	36
MW18	22/02/2024	953636	500033017	Pozzo Ispezione - MW18 -Piezometro posizionato in direzione Sud - MITENI SPA	POZZO	TRISSINO	VI	ALTA PIANURA	20
SAREGO	06/03/2024	955388	500031229	3047 Via Palazzetto, 30 RS PFAS	POZZO	SAREGO	VI	MEDIA PIANURA	32

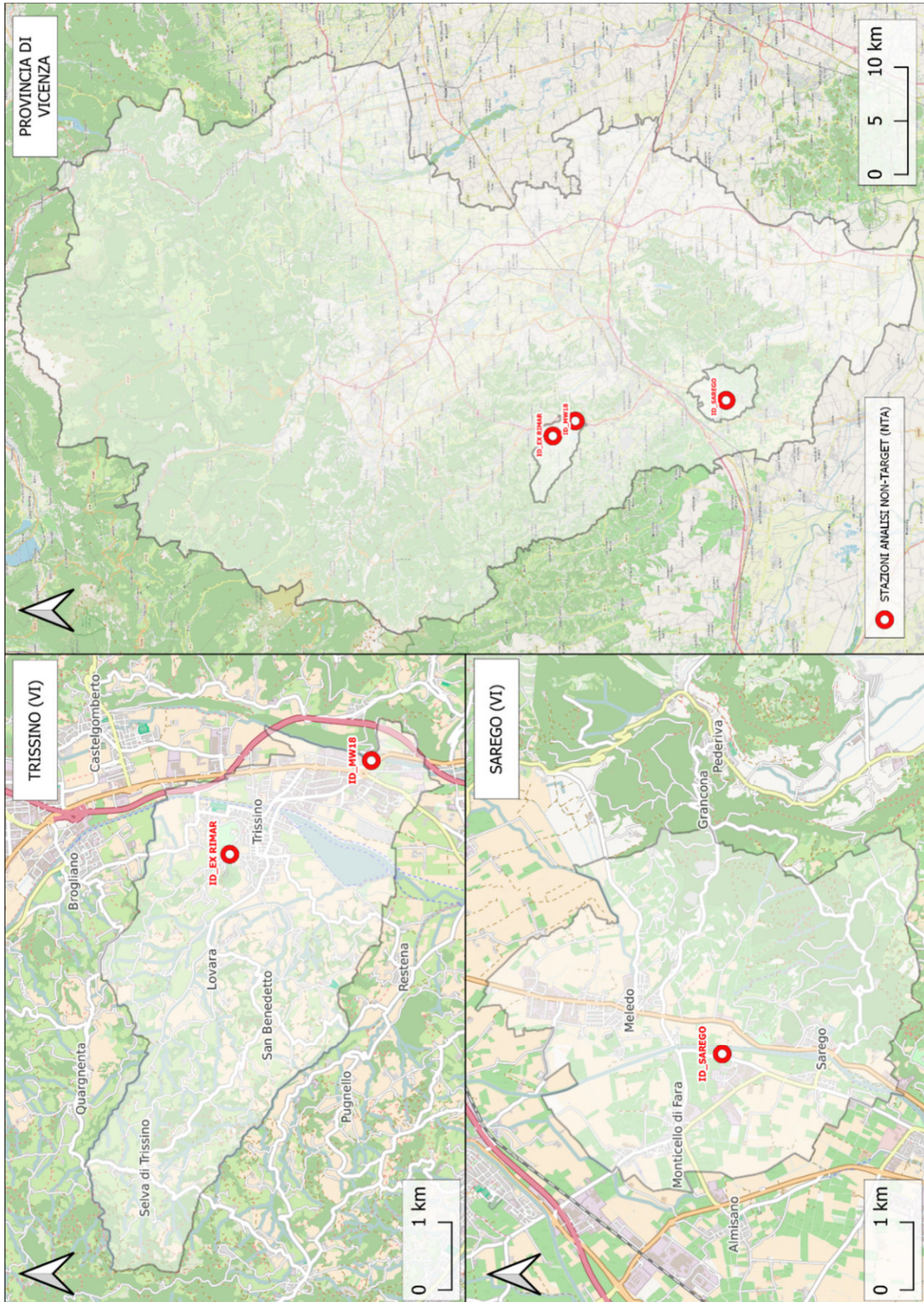


Figura 1: ubicazione delle stazioni di campionamento interessate dall'analisi NTA

2. CONFIGURAZIONE STRUMENTALE E ANALITICA

La configurazione strumentale è la seguente:

- Sistema a cromatografia liquida HPLC Vanquish a pompa binaria;
- Volume iniettato: 100 µL di campione;
- Flusso: 0,25 ml/min;
- Colonna cromatografica Luna® Omega 3 µm Polar C18 150 x 2,1 mm;
- Fase mobile A: Water LC-MS Chromasolv™ allo 0,02 % di Acido Formico (A);
- Fase mobile B: Metanolo LC-MS Chromasolv™ (B);
- Analizzatore di massa ad alta risoluzione Orbitrap Exploris 120.

Le fasi mobili sono state dosate secondo le rampe di concentrazione descritte nella seguente tabella:

Tabella 2: condizioni HPLC Omega 3µm Polar

Time (min)	Flow (ml/min)	%B	Curve
0	0,25	10	5
55	0,25	90	5
55,1	0,25	10	5
60	end	-	-

Per la determinazione della *Exclusion List* sono state eseguite due iniezioni di Water (A) con modalità di scansione *Full Scan*, la prima in polarità positiva, la seconda negativa. Come *Exclusion List* sono state selezionate tutte le masse con una ratio di presenza relativa superiore allo 0,5%.

In questa prima parte non è stata prevista alcuna *Inclusion List*.

Per l'analisi è stato eseguito un esperimento *Full Scan* accoppiato a ddMS2 (Massa-Massa Data Dependent), includendo quindi l'*Exclusion List* di cui sopra.

ddMS2 ha garantito l'esecuzione di una scansione massa-massa con parametri di energia stepped a 20, 40, 60 NCE in presenza di un picco cromatografico di rilevante forma e dimensione.

I campioni sono stati analizzati in triplo per ogni polarità. Sono stati analizzati anche bianchi costituiti da "Water" e introdotti nel sistema di elaborazione come "Blank".

3. ELABORAZIONE FILE RAW

Per l'elaborazione è stato utilizzato il programma Compound Discoverer™ fornito da Thermo.

I principali parametri di impostazione sono riassunti nella seguente tabella:

Tabella 3: alcuni parametri utilizzati per l'elaborazione

Precursor	50-600 Da
Mac Element Counts	C90 H190 Br3 Cl10 F50 K2 N10 Na2 O18 P3 S5
Min Peak intensity	500.000
Mass Tollerance	5 ppm
Chemspider database	ACToR; Aggregated Computational Toxicology Resource; DrugBank; enviPath; EPA DSSTox; FDA; MassBank
m/z Cloud DDA search Identity search	Autoprocessed; Reference Match with Tolerance Cosine
Predict composition	C90 H190 Br3 Cl10 F50 N10 O18 P3 S5

Sono state tenute in considerazione le risposte che prevedevano un pattern isotopico congruente, tenendo conto della corrispondenza degli addotti più comuni (H, H₂O, MeOH), e, contemporaneamente, l'esecuzione di una scansione massa-massa per il composto.

Dal punto di vista qualitativo, nelle stazioni oggetto di studio è stata rilevata la presenza di n. 62 composti (Tabella 4) in funzione della polarità di scansione e del punto di pressione. Il simbolo "+" corrisponde ad una "scarsa" presenza del composto mentre i simboli "++" e "+++" corrispondono rispettivamente ad una "moderata" e "abbondante" presenza.

Nelle seguenti tabelle sono riportate schematicamente le risultanze qualitative grazie all'interrogazione di Gemini™ di Google che ha permesso di ottenere una breve descrizione dei composti.

Tabella 4: valutazione della presenza in funzione della polarità di scansione e del punto di pressione

COMPOSTO	Ex Rimar	MW18	Sarego
(ethylenedinitrilo)tetraacetoneitrile	+	+	+
1-(Carboxymethyl)cyclohexanecarboxylic acid	+	+	+
1-hydro-pentadecafluoroheptane	++	++	+
1-Propylnaphthalene	+	++	+
1,1,1,2,2,3,3,4,4-Nonafluorobutane	++	++	+

Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente

1,1,1,2,2,3,3,4,4,5,5-Undecafluoropentane	++	++	+
1,3-Dichloro-4,6-dinitrobenzene	-	+++	-
16-Hydroxyhexadecanoic acid	-	-	+++
2-(Trifluoromethyl)benzamide	-	++	-
2-Chloro-4-nitro-1-(trifluoromethoxy)benzene	-	+++	-
2-Vinyltoluene	+	+	+
2,4-Bis(trifluoromethyl)benzoic acid	-	+++	-
2,4-Dimethylbenzaldehyde	+++	+++	+++
2,4-Dinitro(trifluoromethoxy)benzene	-	+++	-
3,4-Dihydroxyphenylpropionic acid	++	++	++
3,5-di-tert-Butyl-4-hydroxybenzoic acid	+++	++	+
4-[(1R,2S,5S,8S,9R)-5-(Hydroxymethyl)-8,9-dimethyl-3-oxabicyclo[3.3.1]non-2-yl]phenol	++	++	++
4-Pentenophenone	++	++	++
4-Phenyl-3-buten-2-one	+	++	+++
5-Amino-4-chloro-3(2H)-pyridazinone	-	-	+
6-Methyl-5-nitro-2-oxo-4-(trifluoromethyl)-1,2-dihydro-3-pyridinecarbonitrile	-	+++	-
Acetophenone	++	++	++
Allylbenzene	+	+	+
Arecoline	-	++	-
Benzaldehyde	+	++	+
Benzophenone	-	-	+++
Benzyl acrylate	+	+	+
Bis(methylbenzylidene)sorbitol	++	++	++
Cuminaldehyde	+++	+++	+
Decanamide	++	+	+
Dibenzoylmethane	++	+++	++
Heptaminol	-	-	+
Heptenal	+++	++	-
Lauro lactam	-	+++	-

Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente

Methyl 2-chloro-4-(trifluoromethyl)-5-pyrimidinecarboxylate	-	+++	-
Methyl 3,5-di-tert-butyl-4-hydroxybenzoate	+	+	+++
Methyprylon	+++	++	+
Muscione	-	-	+
N-(2,4-Dimethylphenyl)formamide	+	++	++
N-Hexyl-3-oxobutanamide	-	+	++
N-Hydroxy-N-(trifluoromethyl)benzenesulfonamide	-	+++	-
N2-Butyl-1,3,5-triazine-2,4,6-triamine	+	+	+
Perfluoro-1-butanefulfonic acid (PFBS)	-	+++	-
Perfluoro-1-heptanesulfonate	-	+++	-
Perfluoro-1-hexanesulfonic acid (PFHxS)	-	+++	+
Perfluoro-1-octanesulfonic acid (PFOS)	-	+++	-
Perfluoro-1-pentanesulfonate	-	+++	+
PFBA	++	++	+
PFHxA	++	++	+
PFOA	++	++	+
Pioglitazone	-	-	+
Pregabalin	-	-	++
Propyl gallate	-	+++	-
Salvinorin A	++	+	++
β-Lapachone	-	-	+
Tetradecanedioic acid	+	+	+++
Traumatina	-	-	+++
Trifluorometanolo	-	+++	-
Trifluorotoluene	-	++	-
Triphenyl phosphate	++	++	++
Valerofenone	+	+	+
Valpromide	+	++	++

Tabella 5: descrizione dei composti interrogando Gemini™ di Google

COMPOSTO	Commenti utilizzando Gemini™ di Google
(ethylenedinitrilo)tetraacetoneitrile	-
1-(Carboxymethyl)cyclohexanecarboxylic acid	Impurezza del Gabapentin. È principalmente noto come una delle impurità del farmaco gabapentin.
1-hydro-pentadecafluoroheptane	Utilizzi: fluido refrigerante. Grazie alle sue proprietà termiche e chimiche, è stato utilizzato in passato come fluido refrigerante in alcuni sistemi. Solvente: la sua inerzia chimica lo rende un potenziale solvente per alcune applicazioni specialistiche. Intermedi chimici: queste molecole possono essere utilizzate come intermedi nella sintesi di altre sostanze chimiche.
1-Propylnaphthalene	-
1,1,1,2,2,3,3,4,4-Nonafluorobutane	Le sue proprietà uniche lo rendono un composto molto utile in diverse applicazioni industriali, tra cui i refrigeranti: grazie al suo basso punto di ebollizione e alla sua inerzia chimica, viene utilizzato come refrigerante in alcuni sistemi di raffreddamento. Solventi: la sua capacità di sciogliere molte sostanze lo rende un ottimo solvente per alcune applicazioni industriali. Agente espellente: viene utilizzato come agente espellente nella produzione di schiume. Intermedi chimici: serve come precursore per la sintesi di altre sostanze chimiche.
1,1,1,2,2,3,3,4,4,5,5-Undecafluoropentane	Utilizzi: refrigerante. Come già detto, viene impiegato in alcuni sistemi di refrigerazione, soprattutto dove sono richieste temperature molto basse. Solvente: può essere utilizzato come solvente in alcune applicazioni industriali. Agente espellente: viene impiegato come agente espellente in alcune produzioni industriali.
1,3-Dichloro-4,6-dinitrobenzene	Utilizzi: intermedio nella sintesi di altri composti chimici. Potenziale utilizzo come pesticida o fungicida, ma la sua tossicità limita le sue applicazioni.
16-Hydroxyhexadecanoic acid	Componente di alcuni lipidi complessi, come i glicolipidi e i fosfolipidi, che sono essenziali per la struttura delle membrane cellulari.
2-(Trifluoromethyl)benzamide	Utilizzi: intermedio nella sintesi di altri composti chimici. Potenziale utilizzo in farmaceutica o agrochimica.
2-Chloro-4-nitro-1-(trifluoromethoxy)benzene	Generalmente i composti di questo tipo vengono utilizzati come intermedi nella sintesi di altri composti chimici, spesso con applicazioni in campo farmaceutico, agrochimico o nella produzione di materiali.
2-Vinyltoluene	Principalmente utilizzato come monomero nella produzione di polimeri, in particolare di resine sintetiche.
2,4-Bis(trifluoromethyl)benzoic acid	Utilizzi: intermedio nella sintesi di altri composti chimici. Potenziali applicazioni in campo farmaceutico e agrochimico.
2,4-Dimethylbenzaldehyde	Sintesi organica: viene utilizzato principalmente come reagente in sintesi organiche per la produzione di altre molecole più complesse. Fragranze: grazie al suo odore caratteristico, viene impiegato nell'industria delle fragranze e dei profumi. Coloranti: viene utilizzato come intermedio nella produzione di alcuni coloranti.

2,4-Dinitro(trifluoromethoxy)benzene	Utilizzi: viene spesso utilizzato come intermedio nella sintesi di altri composti chimici. Può essere impiegato come reagente in reazioni chimiche. Ha applicazioni in diversi campi, come la produzione di farmaci, pesticidi e coloranti.
3,4-Dihydroxyphenylpropionic acid	Noto anche come acido diidrocaffeico, è un composto organico appartenente alla famiglia degli acidi fenolici. È un composto naturale presente in diverse piante, tra cui l'uva, e svolge un ruolo importante nelle loro funzioni biologiche.
3,5-di-tert-Butyl-4-hydroxybenzoic acid	Un metabolita: è un prodotto di degradazione del BHA (butilato idrossianisolo), un antiossidante sintetico ampiamente utilizzato nell'industria alimentare, cosmetica e dei polimeri. Un antiossidante: come il BHA da cui deriva, anche il BHT-COOH ha proprietà antiossidanti, contribuendo a rallentare il deterioramento causato dall'ossidazione.
4-[(1R,2S,5S,8S,9R)-5-(Hydroxymethyl)-8,9-dimethyl-3-oxabicyclo[3.3.1]non-2-yl]phenol	-
4-Pentenophenone	Trova impiego in diverse aree. Sintesi organica: viene spesso utilizzato come intermedio nella sintesi di composti organici più complessi, grazie alla sua reattività e alla presenza di gruppi funzionali versatili. Industria dei profumi: il suo odore caratteristico lo rende un potenziale ingrediente per la formulazione di profumi e fragranze. Ricerca Scientifica: viene utilizzato in studi di chimica organica e biochimica per comprendere meglio le reazioni e le proprietà dei composti carbonilici.
4-Phenyl-3-buten-2-one	Utilizzo intermedio nella sintesi di altri composti organici. Componente di profumi e aromi. Reagente per la preparazione di composti eterociclici.
5-Amino-4-chloro-3(2H)-pyridazinone	Metabolita del pesticida chloridazone. In parole più semplici, quando il chloridazone viene utilizzato come erbicida
6-Methyl-5-nitro-2-oxo-4-(trifluoromethyl)-1,2-dihydro-3-pyridinecarbonitrile	-
Acetophenone	L'acetofenone ha una vasta gamma di applicazioni. Industria dei profumi: utilizzato come fissativo per profumi e come componente di fragranze. Sintesi organica: serve come intermedio nella produzione di altri composti organici, come farmaci, coloranti e polimeri. Solvente: viene impiegato come solvente per alcune resine e vernici. Industria alimentare: a volte utilizzato come aromatizzante.
Allylbenzene	L'allilbenzene trova applicazione in diverse aree. Sintesi organica: viene utilizzato come intermedio nella sintesi di altri composti organici, come profumi, coloranti e farmaci. Industria dei polimeri: può essere utilizzato come monomero per la produzione di polimeri speciali. Solvente: grazie alla sua capacità di dissolvere molte sostanze organiche, viene impiegato come solvente in alcune applicazioni industriali.
Arecoline	In passato, l'arecolina veniva utilizzata in medicina come vermifugo (per eliminare i vermi intestinali) e come stimolante. Tuttavia, a causa dei suoi effetti collaterali, il suo uso medico è stato ampiamente abbandonato.

Benzaldehyde	<p>La benzaldeide ha una vasta gamma di applicazioni.</p> <p>Industria alimentare: è uno dei principali componenti dell'essenza di mandorla amara e viene utilizzato per aromatizzare numerosi alimenti, come dolci, bevande e prodotti da forno.</p> <p>Conservante: grazie alle sue proprietà antimicrobiche, la benzaldeide viene talvolta utilizzata come conservante naturale.</p> <p>Industria cosmetica: è un ingrediente comune in molte fragranze, sia per uomini che per donne, grazie al suo aroma intenso e caratteristico.</p> <p>Industria chimica: viene utilizzata come reagente nella produzione di altri composti chimici, come coloranti, farmaci e resine.</p>
Benzophenone	<p>Industria cosmetica: è un comune filtro UV utilizzato in creme solari, lozioni e altri prodotti per proteggere la pelle dai raggi nocivi del sole.</p> <p>Sintesi organica: viene impiegato come fotoiniziatore in reazioni chimiche che richiedono luce.</p> <p>Stabilizzante: utilizzato per stabilizzare profumi e altre sostanze sensibili alla luce.</p>
Benzyl acrylate	<p>Composto organico utilizzato in diverse applicazioni industriali.</p>
Bis(methylbenzylidene)sorbitol	<p>Solvente: viene utilizzato come solvente per una varietà di sostanze, tra cui poliolefine, resine e vernici.</p> <p>Additivo per materie plastiche: può essere aggiunto alle materie plastiche per migliorarne le proprietà meccaniche, termiche e ottiche.</p> <p>Trattamento superficiale dei metalli: viene utilizzato per migliorare la resistenza alla corrosione e l'adesione dei rivestimenti metallici. Riduzione del peso di carta e tessuti: può essere utilizzato per ridurre il peso di carta e tessuti senza comprometterne la resistenza.</p> <p>Sintesi di altri composti: viene utilizzato come intermedio nella sintesi di altri composti chimici.</p>
Cuminaldehyde	<p>Composto organico naturale, presente principalmente nell'olio essenziale del cumino</p>
Decanamide	<p>Additivo: viene impiegata come additivo in alcuni prodotti industriali, come lubrificanti, plastificanti e agenti antistatici.</p> <p>Cosmetica: in alcuni casi, potrebbe essere presente in formulazioni cosmetiche, ma il suo utilizzo è limitato a causa della scarsa conoscenza degli effetti a lungo termine sulla pelle.</p>
Dibenzoylmethane	<p>Sintesi di composti eterociclici: viene utilizzato come reagente di partenza per la sintesi di una vasta gamma di composti eterociclici, che trovano applicazione in molti settori, dalla farmaceutica all'agrochimica.</p> <p>Sintesi di coloranti: grazie alle sue proprietà di chelazione, viene impiegato nella sintesi di coloranti e pigmenti.</p> <p>Sintesi di composti di coordinazione: forma complessi stabili con molti metalli di transizione, trovando applicazione nella chimica di coordinazione e nella catalisi.</p>

Heptaminol	<p>Usi passati e potenziali dell'heptaminol.</p> <p>Vasocostrittore: una delle sue proprietà più note è la capacità di restringere i vasi sanguigni. Questa caratteristica lo rendeva potenzialmente utile nel trattamento di condizioni associate a una vasodilatazione eccessiva, come alcune forme di shock circolatorio. Agente broncodilatatore: in passato, è stato studiato per il suo potenziale effetto broncodilatatore, ovvero la capacità di dilatare le vie aeree. Questa proprietà lo rendeva un candidato potenziale per il trattamento di alcune malattie respiratorie o allergiche.</p> <p>Altri usi: è stato oggetto di ricerca per altre potenziali applicazioni, ma non sono stati raggiunti risultati conclusivi o approvazioni per usi specifici in molte regioni del mondo.</p>
Heptenal	<p>Composto molto apprezzato nell'industria alimentare e dei profumi per le sue caratteristiche organolettiche.</p>
Lauro lactam	<p>Usi principali del lauro lactam.</p> <p>Produzione di polimeri (Nylon-12): questo è l'uso più comune. Attraverso un processo di polimerizzazione, il lauro lactam viene trasformato in nylon-12, un polimero noto per la sua alta resistenza all'abrasione, la flessibilità e la resistenza agli agenti chimici.</p> <p>Copoliamidi: può essere combinato con altri monomeri per formare copoliamidi, offrendo una vasta gamma di proprietà personalizzabili per soddisfare diverse esigenze applicative.</p>
Methyl 2-chloro-4-(trifluoromethyl)-5-pyrimidinecarboxylate	<p>Sintesi organica: questo composto potrebbe fungere da intermedio nella sintesi di molecole più complesse, come farmaci, pesticidi o coloranti.</p> <p>Reagente: potrebbe essere utilizzato come reagente in reazioni di sostituzione nucleofila aromatica per introdurre diversi gruppi funzionali.</p> <p>Chimica Farmaceutica (molecola guida): la sua struttura potrebbe essere utilizzata come punto di partenza per lo sviluppo di nuovi farmaci, in particolare in aree come la chimica eterociclica.</p> <p>Sonda Chimica: potrebbe essere impiegato come sonda chimica per studiare meccanismi di reazione o interazioni molecolari.</p>
Methyl 3,5-di-tert-butyl-4-hydroxybenzoate	<p>Conservante alimentare: MTBHA viene aggiunto a molti prodotti alimentari per prevenire il rancidimento e il deterioramento dovuto all'ossidazione.</p> <p>Additivo cosmetico: viene utilizzato nei cosmetici per proteggere gli ingredienti dall'ossidazione e migliorare la durata di conservazione.</p> <p>Stabilizzante per polimeri: MTBHA può essere utilizzato come stabilizzante per prevenire la degradazione dei polimeri, come la gomma e la plastica.</p> <p>Intermedio chimico: viene utilizzato come intermedio nella produzione di altri composti chimici.</p>
Methyprylon	<p>Farmaco sedativo che apparteneva alla famiglia delle piperidinedioni. In passato, veniva utilizzato principalmente per trattare l'insonnia. Tuttavia, a causa dell'emergere di nuovi farmaci con meno effetti collaterali, come le benzodiazepine, il suo utilizzo è drasticamente diminuito e in molti paesi è stato addirittura ritirato dal mercato.</p>
Muscone	<p>Utilizzi in profumeria: viene impiegato sia in profumi maschili che femminili, spesso in combinazione con altre molecole aromatiche per creare note di fondo calde e avvolgenti.</p>

N-(2,4-Dimethylphenyl)formamide	<p>Intermedio chimico: viene utilizzato principalmente come intermedio nella sintesi di altri composti chimici, come farmaci, pesticidi e coloranti.</p> <p>Ricerca: trova impiego in studi di ricerca nel campo della chimica organica e farmaceutica.</p> <p>Agrochimico: è un componente di alcuni prodotti agrochimici, come insetticidi e acaricidi.</p>
N-Hexyl-3-oxobutanamide	-
N-Hydroxy-N-(trifluoromethyl)benzenesulfonamide	<p>Intermedio nella sintesi di farmaci: viene utilizzato come intermedio nella produzione di alcuni farmaci, come ad esempio gli inibitori della proteasi dell'HIV.</p> <p>Reagente chimico: può essere utilizzato come reagente chimico in diverse reazioni organiche, come ad esempio la reazione di ossidazione di alcoli.</p> <p>Componente di prodotti elettronici: viene utilizzato come componente di alcuni prodotti elettronici, come ad esempio i display a cristalli liquidi.</p>
N2-Butyl-1,3,5-triazine-2,4,6-triamine	-
Perfluoro-1-butanefonic acid (PFBS)	<p>Rivestimenti protettivi: il PFBS è stato ampiamente utilizzato nella produzione di rivestimenti per tessuti, carta, e altre superfici. Questi rivestimenti conferiscono alle superfici proprietà antimacchia, antigrasso e idrorepellenti.</p> <p>Prodotti per l'elettronica: ha trovato applicazione nella produzione di componenti elettronici, come circuiti stampati, grazie alla sua capacità di migliorare le prestazioni e la durata dei dispositivi. Prodotti chimici industriali: viene utilizzato come intermedio nella produzione di altri composti chimici e come agente schiumogeno in alcuni processi industriali.</p> <p>Formulati per l'incendio: in passato è stato utilizzato in alcuni formulati per la lotta agli incendi, sfruttando le sue proprietà di formazione di schiuma.</p>
Perfluoro-1-heptanesulfonate	<p>Usi passati del PFOS.</p> <p>Industria tessile: utilizzato come impermeabilizzante e antimacchia per tessuti di abbigliamento, tappeti e arredamento.</p> <p>Industria del packaging: impiegato per rivestire contenitori e imballaggi alimentari, garantendo una maggiore durata e resistenza.</p> <p>Settore elettronico: adottato nella produzione di componenti elettronici per le sue proprietà isolanti.</p> <p>Schiumogeni antincendio: presente in schiume utilizzate per spegnere incendi, in particolare quelli causati da liquidi infiammabili.</p> <p>Rivestimenti industriali: applicato su superfici industriali per proteggerle da corrosione e usura.</p>
Perfluoro-1-hexanesulfonic acid (PFHxS)	-
Perfluoro-1-octanesulfonic acid (PFOS)	-
Perfluoro-1-pentanesulfonate	-
PFBA	-
PFHxA	-
PFOA	-
Pioglitazone	<p>Il pioglitazone è un farmaco appartenente alla classe dei glitazoni, utilizzato specificamente nel trattamento del diabete mellito di tipo 2. La sua azione principale consiste nell'aumentare la sensibilità delle cellule all'insulina, l'ormone che regola i livelli di zucchero nel sangue.</p>
Pregabalin	<p>Il pregabalin è un farmaco appartenente alla classe degli anticonvulsivanti, ma la sua azione va oltre il controllo delle convulsioni.</p>

Propyl gallate	<p>Usi principali del propil gallato.</p> <p>Antiossidante nell'industria alimentare: prolunga la shelf-life di molti alimenti grassi, come margarina, oli e grassi animali, prevenendone il rancidimento. Viene aggiunto a prodotti come zuppe, brodi disidratati, carne disidratata, frutta a guscio lavorata, condimenti e spezie per mantenere il loro sapore e colore più a lungo.</p> <p>Antiossidante nell'industria cosmetica: protegge i prodotti cosmetici dall'ossidazione, mantenendone l'efficacia e prevenendo l'alterazione del colore o dell'odore. È comunemente trovato in prodotti solari, autoabbronzanti, prodotti per la cura della pelle, prodotti per capelli e make-up.</p> <p>Stabilizzante in altre industrie: Viene utilizzato come stabilizzante in prodotti farmaceutici e come additivo in alcuni polimeri.</p>
Salvinorin A	Il Salvinorin A è un composto chimico presente in elevate concentrazioni nelle foglie fresche della pianta Salvia divinorum.
β-Lapachone	Il β-Lapachone è un composto organico naturale.
Tetradecanedioic acid	<p>Industria chimica (sintesi di polimeri): viene utilizzato come monomero nella produzione di polimeri, come poliesteri e poliammidi, che trovano impiego in tessuti, plastiche e rivestimenti.</p> <p>Produzione di esteri: gli esteri dell'acido miristico vengono utilizzati come plastificanti, lubrificanti e agenti emulsionanti.</p> <p>Sintesi di ammidi: le ammidi derivate da questo acido possono essere utilizzate come agenti chelanti e tensioattivi.</p> <p>Industria cosmetica (emulsionanti): gli esteri dell'acido miristico sono utilizzati come emulsionanti in creme, lozioni e altri prodotti per la cura della pelle.</p> <p>Agenti condizionanti: contribuisce a migliorare la consistenza e la sensazione al tatto dei prodotti per capelli.</p> <p>Surfactanti: viene utilizzato in shampoo e detersivi per le sue proprietà schiumogene e detersivi.</p> <p>Industria alimentare (additivo alimentare): in piccole quantità, può essere utilizzato come agente antiossidante e per migliorare la consistenza di alcuni alimenti.</p>
Traumatin	-
Trifluoromethanol	-
Trifluorotoluene	-
Triphenyl phosphate	<p>Il trifenilfosfato ha una varietà di usi.</p> <p>Plastificante: utilizzato come plastificante per migliorare la flessibilità, la resistenza agli urti e la durata di una varietà di materiali polimerici, come PVC, policarbonato e poliesteri.</p> <p>Antifiamma: utilizzato come ritardante di fiamma per ridurre la combustibilità di materiali come tessuti, plastica e gomma.</p> <p>Idrraulica: utilizzato come fluido idraulico in alcuni sistemi idraulici ad alta pressione.</p> <p>Lubrificante: utilizzato come lubrificante per alcune applicazioni industriali.</p> <p>Intermedio chimico: utilizzato come intermedio nella produzione di altri composti chimici.</p>
Valerophenone	Composto organico aromatico che trova principalmente impiego nel campo della chimica fine e come intermedio nella sintesi di altre sostanze.
Valpromide	Farmaco che appartiene alla classe dei farmaci antiepilettici, ma trova impiego anche in altre aree della medicina, in particolare in psichiatria.

4. ELABORAZIONE TARGET PER GLI IDROSSIL BENZOTRIFLUORURI (HYDROXY – BTFS)

Nell'analisi NTA si riscontra la presenza di vari tipi di composti fluoroalchilici e di composti congruenti agli Hydroxy-BTFs (HBTFs). Per alcuni di questi non risulta semplice definirli qualitativamente, come ad esempio per la stazione MW18 dove, in un picco cromatografico a 27,3 minuti, il database in dotazione Chempider restituisce il risultato riportato nella seguente figura:



#	Tags	Checked	Compound Match	Structure	Name	Formula	Molecular Weight	ΔMass [Da]	ΔMass [ppm]	CSID	# References	mzLogic Score	SFit [%]
1	○○○○○	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2,4-Dinitro(trifluoromethoxy)benzene	C7 H3 F3 N2 O5	251.99941	0.00027	1.07	2018776	49		87
2	○○○○○	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2,6-Dinitro-4-(trifluoromethyl)phenol	C7 H3 F3 N2 O5	251.99941	0.00027	1.07	144258	44		87

Figura 2: Chempider – MW18 a 27,3 minuti

La particolarità di tale risultato consiste nel fatto che il composto 2,4-Dinitro(trifluoromethoxy)benzene e il 2,6-Dinitro-4-(trifluoromethyl)Phenol, definito anche come 3,5-dinitro-4-hydroxy-benzotrifluoride, siano isobari. Risulta quindi necessaria una conferma diretta con uno standard certificato per definire quale dei due composti sia effettivamente presente nel campione.

L'analisi target per HBTFs è stata suddivisa in due fasi. Nella prima fase è stata effettuata la rianalisi dei campioni utilizzando un metodo in Full Scan, estraendo le masse esatte dei composti di maggior interesse della famiglia degli idrossibenzotrifloruri, riassunti nella seguente tabella:

Tabella 6: HBTFs sottoposti ad indagine

Indice	Composto	CAS	Massa esatta [amu] – con addotto [M-H]
1	3-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₅ F ₃ O)	98-17-9	161,02197
2	4-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₅ F ₃ O)	402-45-9	161,02197
3	4-chloro-3-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₄ F ₃ ClO)	40889-91-6	194,98300
4	3-chloro-4-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₄ F ₃ ClO)	35852-58-5	194,98300
5	3-ammino-4-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₆ F ₃ NO)	454-81-9	176,03287
6	3-nitro-4-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₄ F ₃ O ₃ N)	400-99-7	206,00705
7	3,5-dinitro-4-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₃ F ₃ O ₅ N ₂)	393-77-1	250,99213

L'analisi Full Scan eseguita su tutti e tre i campioni ha evidenziato una lieve presenza (valutata in area) del solo composto [7] nei campioni 952662 (Figura 3) e 955388 (Figura 4).

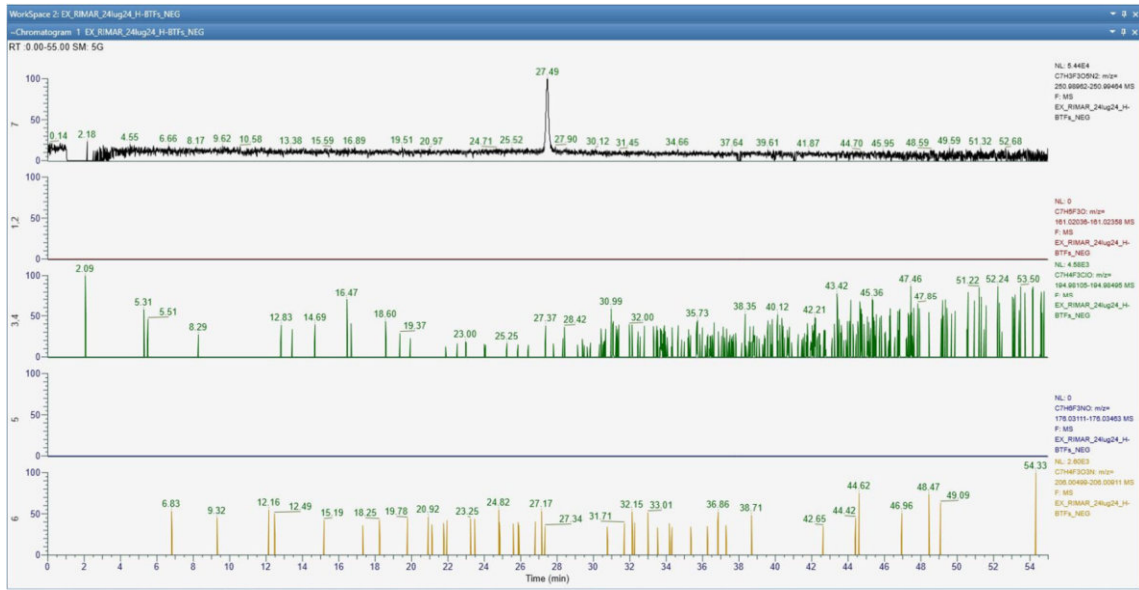


Figura 3: Full Scan – Ex-RIMAR (n. campione 952662) – estrazione delle masse esatte addotti [M-H]⁻

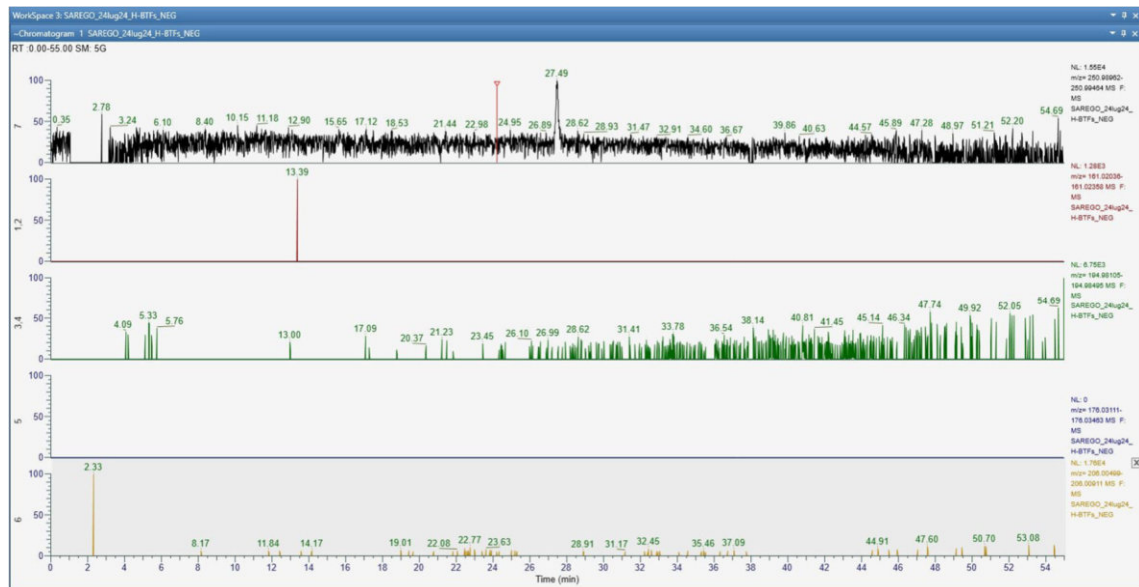


Figura 4: Full Scan – SAREGO (n. campione 955388) – estrazione delle masse esatte addotti [M-H]⁻

In MW18 (n. campione 953636) invece è stata rilevata una presenza modesta dei composti [1], [2], [3], [4], [6] ed elevata del composto [7] (Figura 5).

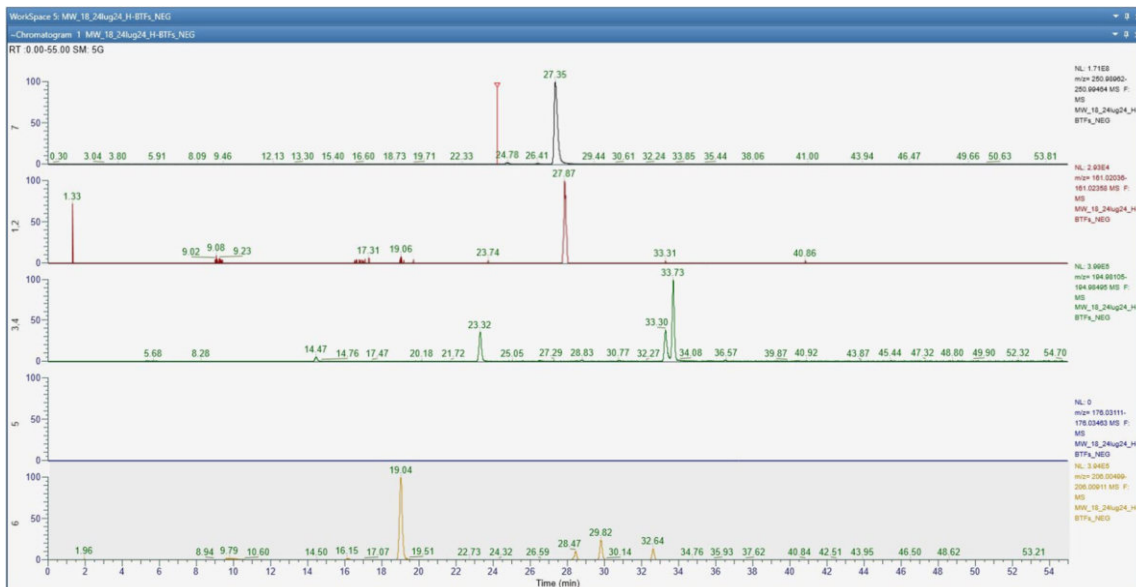


Figura 5: Full Scan – MW18 (n. campione 953636) – estrazione delle masse esatte addotti [M-H]

Nella seconda fase è stato creato un metodo MS-MS per l'approccio routinario dell'analisi degli HBTFS impostando una "inclusion list" dedicata, un'energia di collisione a 60 NCE e aggiustando i contributi di Metanolo nella fase mobile per ottimizzare i tempi di ritenzione.

I risultati cromatografici sono riportati nella seguente figura:

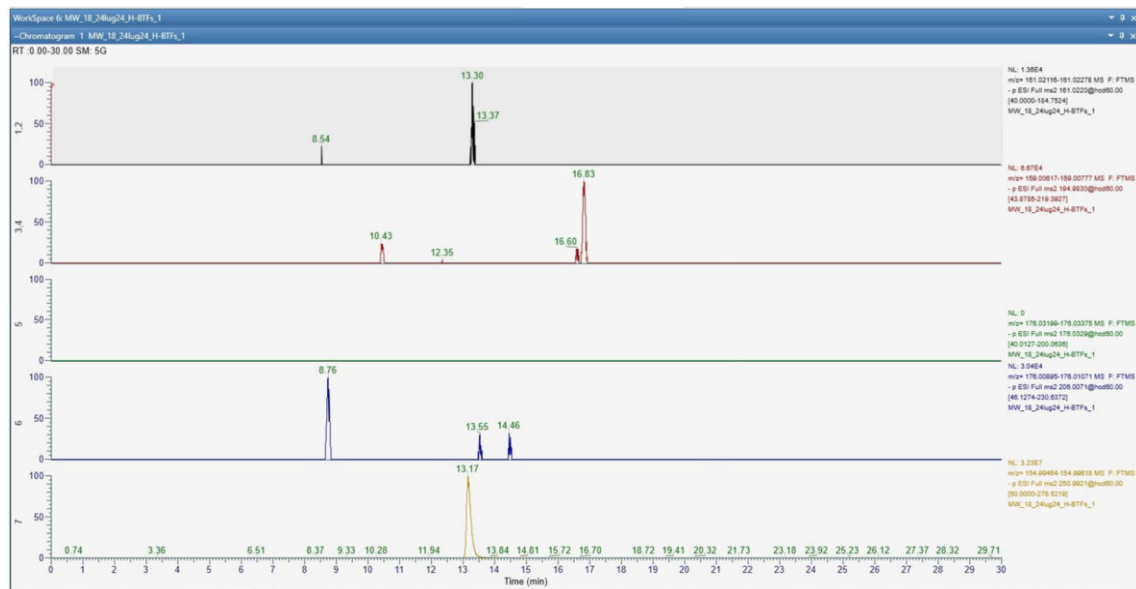


Figura 6: MS-MS ottimizzato – MW18 (n. campione 953636) a 60 NCE

Il composto [7] (3,5-dinitro-4-hydroxy-benzotrifluoride) presenta lo stesso tempo di ritenzione dello standard a 13,38 min. I composti [3,4] nel campione ricalcano il tempo di ritenzione del composto [4] perché più abbondante: 17,02 min nel campione e 16,79 min nello standard.

Configurazione strumentale:

- Sistema a cromatografia liquida HPLC Vanquish a pompa binaria;
- Volume iniettato: 100 µL di campione;
- Flusso: 0,25 ml/min;
- Colonna cromatografica Luna® Omega 3 µm Polar C18 150 x 2,1 mm;
- Fase mobile A: Water LC-MS Chromasolv™ allo 0,02 % di Acido Formico (A);
- Fase mobile B: Metanolo LC-MS Chromasolv™ (B);
- Analizzatore di massa ad alta risoluzione Orbitrap Exploris 120.

Le fasi mobili sono state dosate secondo le rampe di concentrazione descritte nella seguente tabella:

Tabella 7: condizioni HPLC ottimizzate

Time (min)	Flow (ml/min)	%B	Curve
0	0,25	30	5
30	0,25	90	5
30,1	0,25	30	5
35	end		

5. PROCEDURA OPERATIVA ANALISI QUANTITATIVA HBTFS

Sono state preparate delle soluzioni standard partendo da composti puri (standard HBTFS):

Tabella 8: elenco degli HBTFS

Indice	Composto puro (Standard HBTFS)	CAS	Massa esatta [amu] – con addotto [M-H]
1	3-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₅ F ₃ O)	98-17-9	161,02197
2	4-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₅ F ₃ O)	402-45-9	161,02197
3	4-chloro-3-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₄ F ₃ ClO)	40889-91-6	194,98300
4	3-chloro-4-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₄ F ₃ ClO)	35852-58-5	194,98300
5	3-nitro-4-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₄ F ₃ O ₃ N)	400-99-7	206,00705
3	3,5-dinitro-4-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₃ F ₃ O ₅ N ₂)	393-77-1	250,99213

In fase di analisi sono emerse due coeluzioni fra composti isobari: [1] e [2]; [3] e [4].

Per ottimizzare l'analisi MS/MS, sono state costruite delle curve di *collision energy-breakdown* specifiche per ogni composto. Partendo da una soluzione concentrata contenente tutti i composti indagati, sono state ottenute delle soluzioni a concentrazione di 0,1 e 1 µg/L. Le curve di *collision energy-breakdown* sono state ottenute mediante varie iniezioni delle soluzioni descritte a NCE diverse, e per questo sono espresse in NCE.

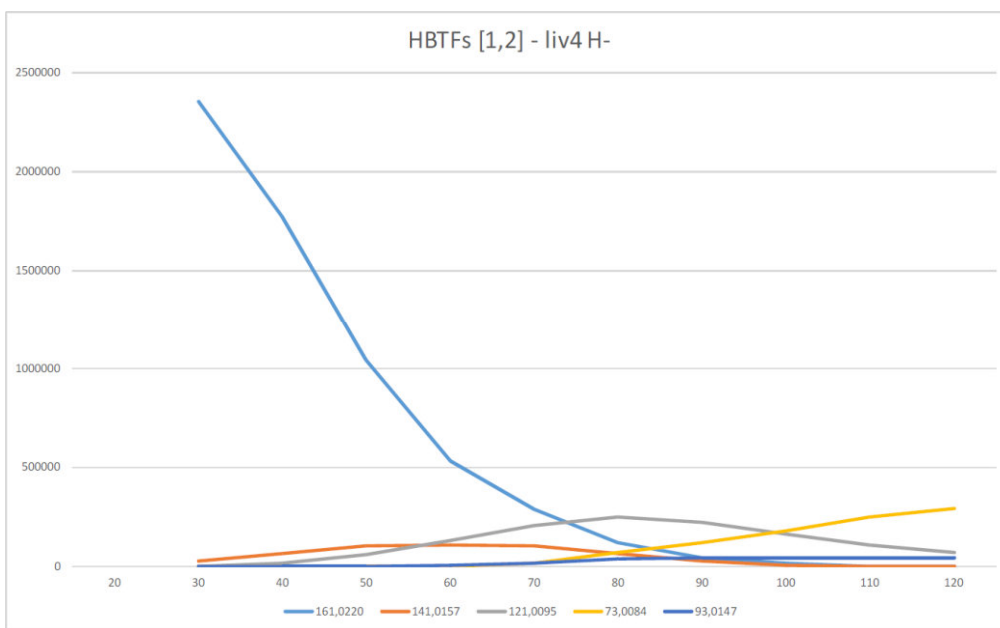


Figura 7: curva di collision energy-breakdown dei composti [1,2]

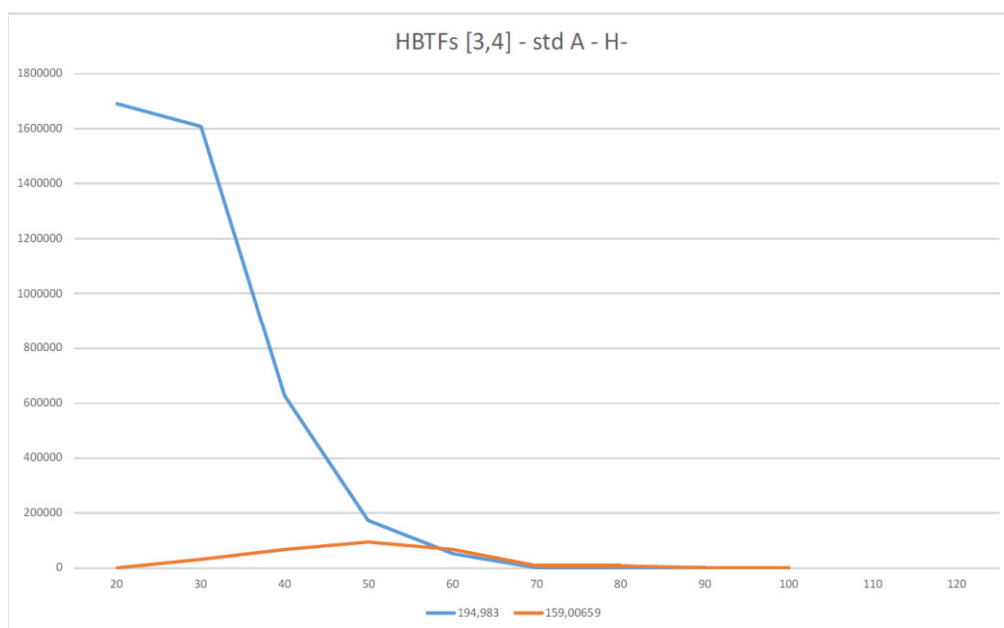


Figura 8: curva di collision energy-breakdown dei composti [3,4]

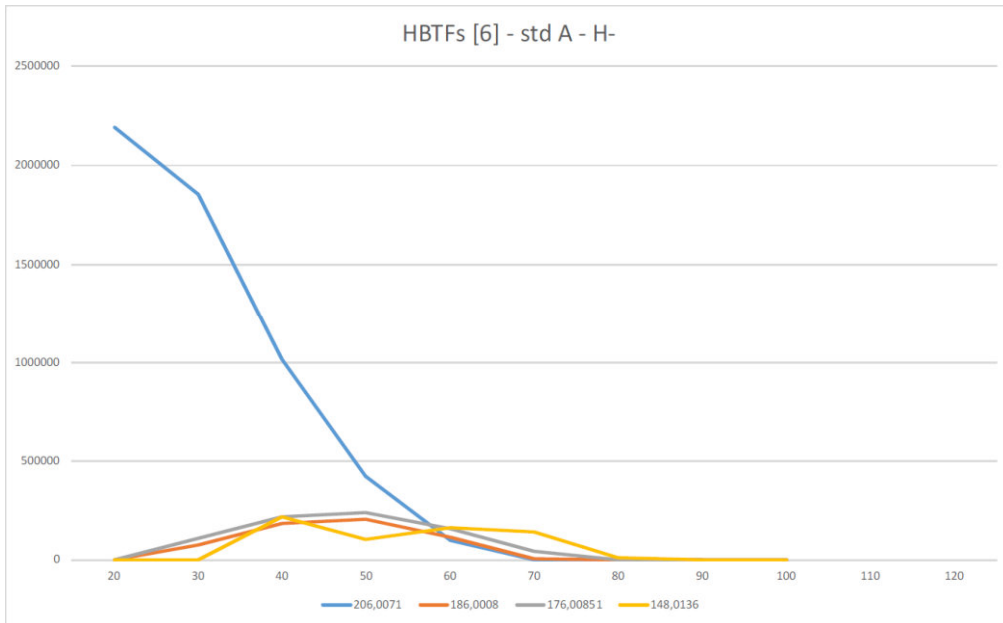


Figura 9: curva di collision energy-breakdown del composto [6]

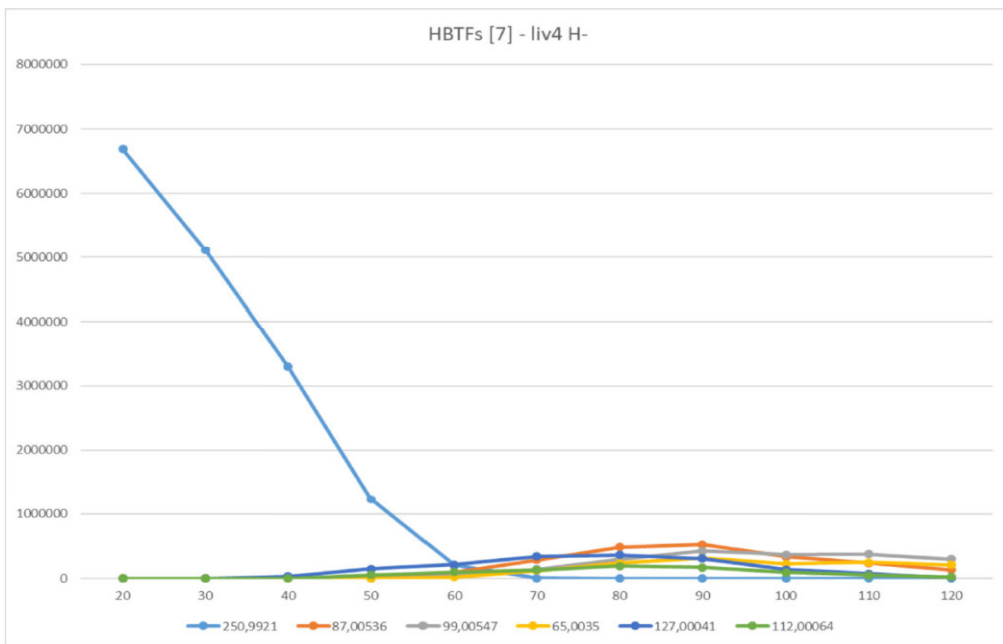


Figura 10: curva di collision energy-breakdown del composto [7]

Le energie di collisione dedotte dalle curve sono riportate nella seguente tabella:

Tabella 9: NCE scelte per ciascun composto/i

Composto/i	NCE
[1,2]	20,60 (modalità Stepped)
[3,4]	20,60 (modalità Stepped)
[6]	70,90 (modalità Stepped)
[7]	90

Per la determinazione dei frammenti è stato utilizzato *FreeStyle* di Thermo partendo dalle masse di frammentazione misurate.

Tabella 10: frammentazione dei composti [1,2]

Formula	Misurata	Calcolata
C ₇ H ₃ OF ₃	-	161,0220
C ₇ H ₄ OF ₂	141,0160	141,0157
C ₇ H ₂ OF	121,0098	121,0095
C ₆ H ₂	73,0084	73,0084
C ₃ H ₃ OF ₂	93,0149	93,0147

Tabella 11: frammentazione dei composti [3,4]

Formula	Misurata	Calcolata
C ₇ H ₄ F ₃ ClO	-	194,9830
C ₇ H ₂ OF ₃	159,0061	159,0066

Tabella 12: frammentazione del composto [6]

Formula	Misurata	Calcolata
C ₇ H ₄ F ₃ O ₃ N	-	206,0071
C ₇ H ₂ O ₃ NF ₂	186,0013	186,0008
C ₇ H ₃ O ₂ F ₃	176,0090	176,0085
C ₆ H ₃ OF ₃	148,0140	148,0136

Tabella 13: frammentazione del composto [7]

Formula	Misurata	Calcolata
C ₇ H ₂ O ₄ NF ₃	-	250,9921
C ₄ HF ₂	87,0054	87,0052
C ₅ HF ₂	99,0055	99,0052
C ₄ HO	65,0035	65,0033
C ₇ HOF ₂	127,0004	127,0001
C ₅ NF ₂	112,0006	112,0004

Per la quantificazione, sono stati eseguiti esperimenti misti in FullScan e MS2 ricalcando i concetti del documento SANTE 11312/2021 (Tabella 6) secondo il quale la determinazione in FullScan HRMS deve essere confermata dalla presenza concomitante di almeno 2 frammenti MS/MS con accuratezza di massa di 5 ppm. Di seguito la tabella riassuntiva dei livelli di taratura costruiti.

Tabella 14: costruzione della retta di taratura

Concentrazione (ng/l)	Indice	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1	13,3	39,9	66,5	133	266	399	1330	5320	7980
	2	19	57	95	190	380	570	1900	7600	11400
	3	14,7	44,1	73,5	147	294	441	1470	5880	8820
	4	10	30	50	100	200	300	1000	4000	6000
	6	10	30	50	100	200	300	1000	4000	6000
	7	18	54	90	180	360	540	1800	7200	10800

Le concentrazioni delle coeluizioni [1,2] e [3,4] sono state sommate in fase di quantificazione e viste le risposte strumentali di alcuni HBTfs si è preferito utilizzare i livelli di taratura da 3 a 9.

Le curve di taratura sono state generate sulla base della risposta strumentale della massa esatta con addotto [M-H]⁻ in FullScan.

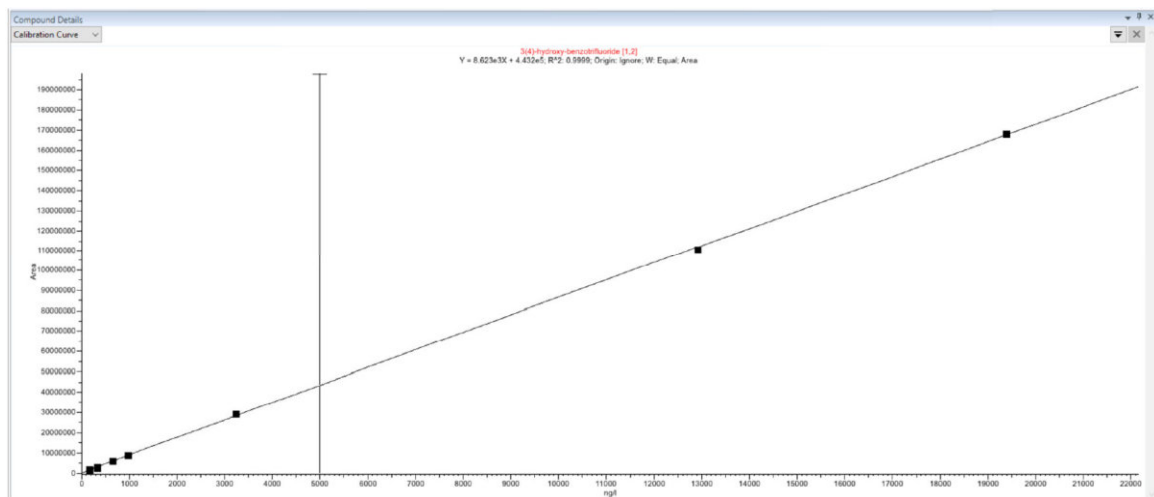


Figura 11: retta di taratura dei composti [1,2]

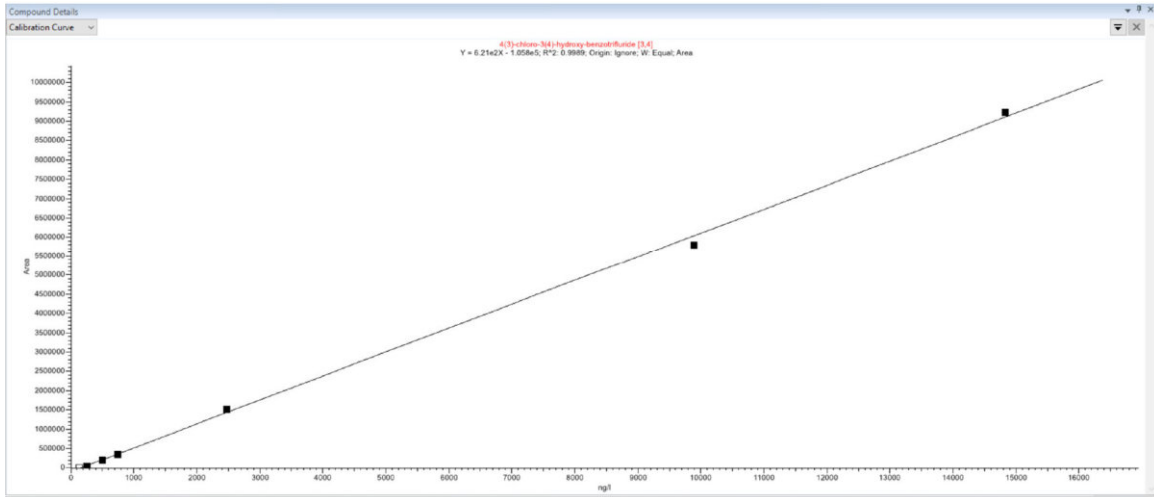


Figura 12: retta di taratura dei composti [3,4]

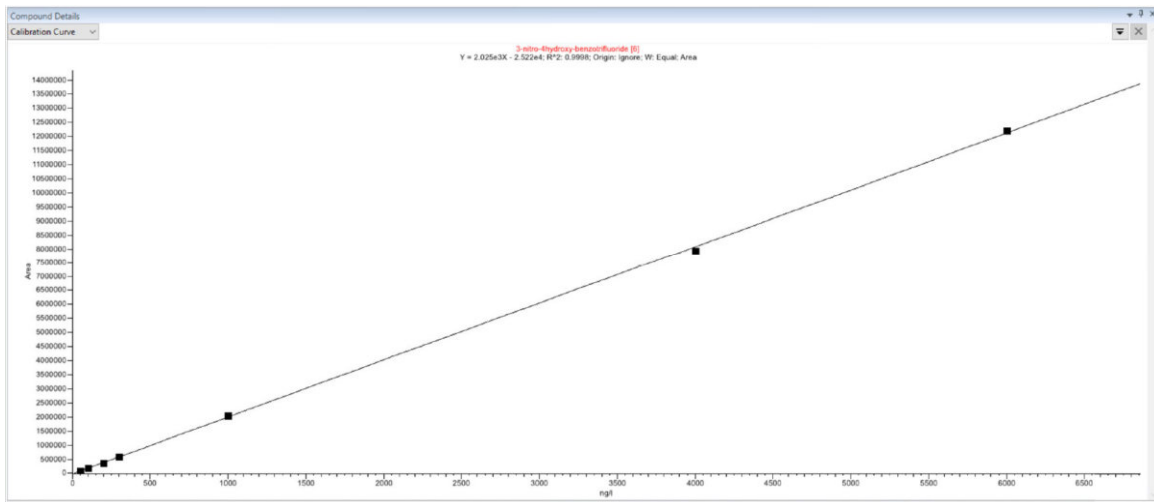


Figura 13: retta di taratura dei composti [6]

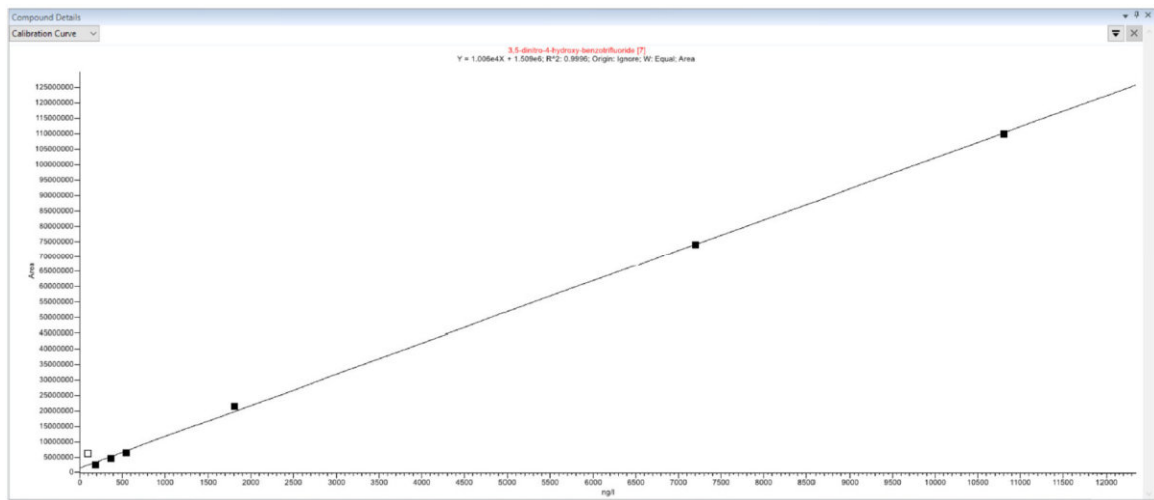


Figura 14: retta di taratura dei composti [7]

I tempi di ritenzione, le masse accurate e i frammenti trovati nei campioni coincidono con quelli degli standard. È quindi possibile affermare che i composti dei campioni sono HBTFs e la loro identificazione, secondo la classificazione generalmente accettata dalla comunità scientifica ambientale¹, è di livello 1 (*structure identification: confirmed structure by reference standard*).

Tuttavia in accordo con la guida *European Network of Forensic Science Institutes, ENFSI² Guideline for evaluative reporting in forensic science, ENFSI, 2015* è possibile dare il giudizio come riportato nella seguente tabella:

Tabella 15: giudizio in accordo con "Guideline for evaluative reporting in forensic science, ENFSI, 2015"

Indice	Composto	CAS	Numero spettri nella libreria (N)	Numero spettri abbinati	TP (%)	FP (%)	LR (+) (TP/FP)	Interpretazione dei rapporti di verosimiglianza proposti per le scienze forensi dalla Rete Europea di Istituti di scienze forensi
1	3-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₅ F ₃ O)	98-17-9	1,934, 658	1/N	~100	5,2*10 ⁻⁵	1,92*10 ⁸	Evidenza estremamente robusta per considerare il composto ipotizzato piuttosto di uno alternativo
2	4-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₅ F ₃ O)	402-45-9	1,934, 658	1/N	~100	5,2*10 ⁻⁵	1,92*10 ⁸	Evidenza estremamente robusta per considerare il composto ipotizzato piuttosto di uno alternativo
3	4-chloro-3-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₄ F ₃ ClO)	40889-91-6	1,934, 658	1/N	~100	5,2*10 ⁻⁵	1,92*10 ⁸	Evidenza estremamente robusta per considerare il composto ipotizzato piuttosto di uno alternativo
4	3-chloro-4-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₄ F ₃ ClO)	35852-58-5	1,934, 658	1/N	~100	5,2*10 ⁻⁵	1,92*10 ⁸	Evidenza estremamente robusta per considerare il composto ipotizzato piuttosto di uno alternativo
5	3-ammino-4-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₆ F ₃ NO)	454-81-9	1,934, 658	1/N	~100	5,2*10 ⁻⁵	1,92*10 ⁸	Evidenza estremamente robusta per considerare il composto ipotizzato piuttosto di uno alternativo
6	3-nitro-4-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₄ F ₃ O ₃ N)	400-99-7	1,934, 658	1/N	~100	5,2*10 ⁻⁵	1,92*10 ⁸	Evidenza estremamente robusta per considerare il composto ipotizzato piuttosto di uno alternativo
7	3,5-dinitro-4-hydroxy-benzotrifluoride (C ₇ H ₃ F ₃ O ₅ N ₂)	393-77-1	1,934, 658	1/N	~100	5,2*10 ⁻⁵	1,92*10 ⁸	Evidenza estremamente robusta per considerare il composto ipotizzato piuttosto di uno alternativo

¹ Schymanski EL et al (2014) Identifying small molecules via high resolution mass spectrometry: communicating confidence. *Environ Sci Technol* 48:2097–2098

² Guideline for evaluative reporting in forensic science, ENFSI, 2015

ALLEGATO E

SPECIFICHE DEL PROGETTO DI SPERIMENTAZIONE DI BIOMONITORAGGIO

SOMMARIO

1. ZONE DI RACCOLTA	4
CASO STUDIO 1: TRISSINO	4
CASO STUDIO 2: SAREGO (MONTICELLO DI FARA)	5
CASO STUDIO 3: GAMBUGLIANO E NANTO (VI)	6
CASO STUDIO 4: PERAROLO DI CADORE/TAMBRE (BL)	8
CASO STUDIO 5: RAGGIO 4 KM DA SITO CONTAMINATO	9
2. DEFINIZIONE TEMPORALE	11
3. CAMPIONAMENTO ARTROPODI	11
CAMPIONAMENTO CON WET PITFALL TRAPS	11
CAMPIONAMENTO CON PITFALL TRAPS	12
4. ANALISI ARTROPODI	14
PREPARAZIONE CAMPIONE	14
ANALISI	15
5. PRESENTAZIONE DEI RISULTATI ARTROPODI	15
ELENCO SPECIE TROVATE (DAL 2022 AL 2024)	15
RISULTATI FASE 1 (2022).....	17
RISULTATI FASE 2 (2023).....	18
RISULTATI FASE 3 (2024).....	19
6. ELABORAZIONE DEI DATI	20
ANALISI MULTIVARIATA DELLE COMPONENTI PRINCIPALI (PCA)	20
7. CAMPIONAMENTO CON DEPOSIMETRI BULK	24
8. CAMPIONAMENTO SUOLO	25

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1: AREE DI CAMPIONAMENTO A NORD (IN ALTO A DESTRA) E A SUD (IN BASSO A DESTRA) DELLO STABILIMENTO MITENI, IN AREA AGRICOLA COLTIVATA E AREA BOSCATATA INCOLTA, RISPETTIVAMENTE.....	4
FIGURA 2: UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE NEL TERRITORIO DI SAREGO, VI (MONTICELLO DI FARA) E AREE INDAGATE PER IL BIOMONITORAGGIO IN ZONA MONTICELLO DI FARA, COMUNE DI SAREGO.....	6
FIGURA 3: AREE DI INDAGINE INDAGATE A GAMBUGLIANO, NEL COMUNE DI SOVIZZO (VI). IN ALTO IL SITO BOSCATO E IN BASSO LA ZONA AGRICOLA COLTIVATA	7
FIGURA 4: NELLA ZONA NEL COMUNE DI NANTO (VI) È PREVISTO UN SINGOLO SITO COMPRENDENTE ZONE BOSCATATE E PRATIVE.....	7
FIGURA 5: AREA PRATIVA E BOSCHIVA DI PERAROLO DI CADORE, LOCALITÀ CARALTE	8
FIGURA 6: AREA PRATIVA E BOSCHIVA DI TAMBRE, COLLE INDES.....	8
FIGURA 7: ZONE DI CAMPIONAMENTO FASE 3 (2024) ZONA VICENTINA.....	10
FIGURA 8: FLUSSI DI DEPOSIZIONE ORARI DI PFOA (MEDIA ANNUA) STIMATI A PARTIRE DALL'EMISSIONE DELLE TORRI EVAPORATIVE	10
FIGURA 9: SCHEMA DI UTILIZZO CARTUCCE SPE	14
FIGURA 10: GRAFICO DELLA VARIANZA SPIEGATA DAI COMPONENTI PRINCIPALI	22
FIGURA 11: LOADING PLOT PER LE PRIME DUE COMPONENTI PRINCIPALI	22
FIGURA 12: SCORE PLOT CON RAGGRUPPAMENTI	22
FIGURA 13: DEPOSIMETRO DI TIPO BULK, INSTALLATO E PRONTO PER IL CAMPIONAMENTO (FOTO IN ALTO A SINISTRA) E SMONTATO NEI SUOI VARI COMPONENTI	24

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1: RISULTATI FASE 1	17
TABELLA 2: RISULTATI FASE 2	18
TABELLA 3: RISULTATI FASE 3	19
TABELLA 4: MATRICE DI CORRELAZIONE DI PEARSON PER I DATI DI BIOMONITORAGGIO DELLA FASE 1 E 2. (CORRELAZIONE NULLA DA ± 0.1 A ± 0.3 ; CORRELAZIONE SCARSA DA ± 0.3 A ± 0.5 – IN BLU; CORRELAZIONE BUONA DA ± 0.5 A ± 1 – IN VERDE)	21

1. ZONE DI RACCOLTA

Caso studio 1: Trissino

L'area in questione risulta storicamente contaminata dalla presenza di PFAS nelle acque sotterranee dovute all'attività industriale di MITENI s.p.a (Figura 1). Inoltre sia l'area agricola a nord, che l'area boscata a sud dell'ex sito produttivo si trovano a ridosso del torrente Poscola. Questo risulta di particolare interesse perché garantisce la presenza degli insetti target, ma soprattutto perché è stato oggetto di apporti antropici nel periodo produttivo del sito citato.

L'area si è valutata quindi potenzialmente interessata anche da deposizioni atmosferiche che possono aver contaminato i terreni adiacenti il sito produttivo.

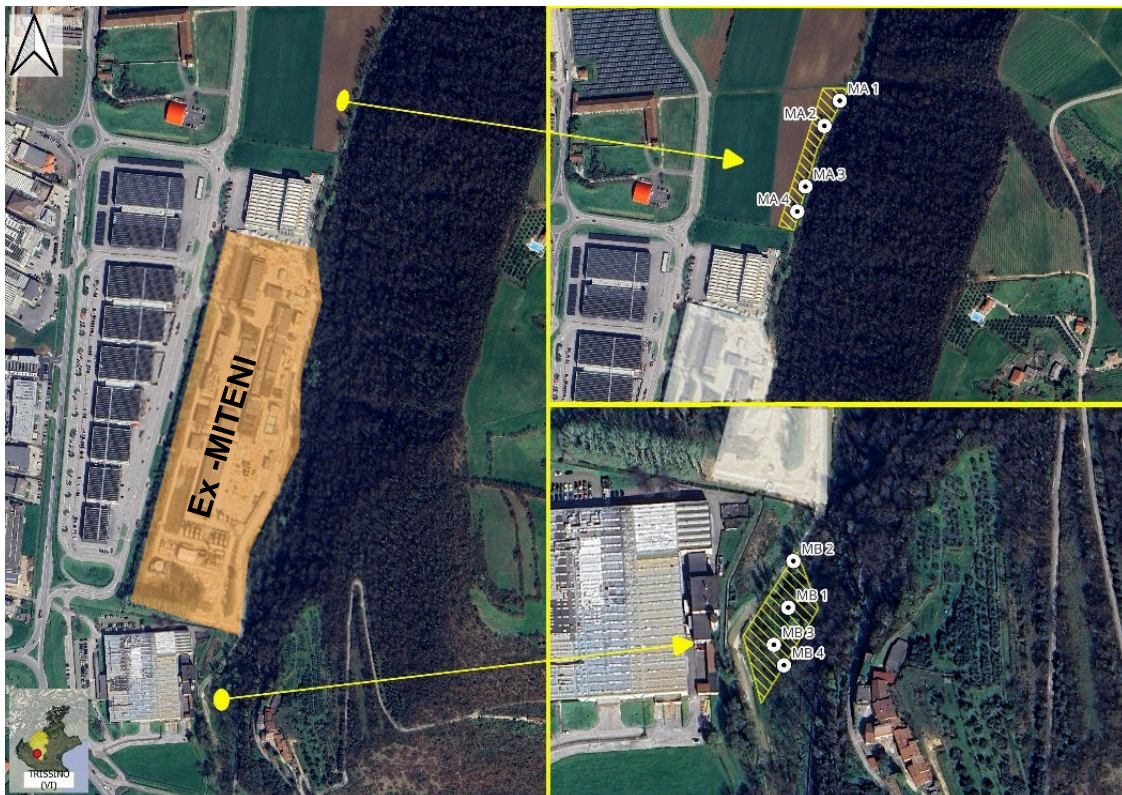


Figura 1: aree di campionamento a nord (in alto a destra) e a sud (in basso a destra) dello stabilimento MITENI, in area agricola coltivata e area boscata incolta, rispettivamente

Caso studio 2: Sarego (Monticello di Fara)

Nella zona scelta sono state rilevate elevate concentrazioni di PFAS nelle acque sotterranee, in corrispondenza di un'area compresa tra via Palazzetto, via Casa Velo e via A. Palladio nel comune di Sarego (VI). Sulla base di informazioni raccolte a livello locale, osservazioni geomorfologiche di campagna e valutazioni preliminari eseguite, si è avuta evidenza di una estinta attività di abbandono di materiali di varia natura, databile, in prima approssimazione, agli anni '70 e perdurata almeno fino alla fine degli anni '80.

Per tale ragione, nel 2020 ARPAV ^[31] ha finanziato, progettato e realizzato una serie di sondaggi al fine di approfondire il livello conoscitivo dell'area. Tale attività ha visto la realizzazione di n. 4 sondaggi ambientali a carotaggio continuo allestiti successivamente a piezometri a tubo aperto, dei quali n. 1 a 20 m e n. 3 a 15 m di profondità. Durante la realizzazione dei piezometri è emersa la presenza, nei primi due metri, di materiale di origine antropica costituito da frammenti di laterizi, elementi di ferro, ritagli di plastica, inoltre sono stati analizzati i terreni che hanno evidenziato superamenti delle CSC, ai sensi del D. Lgs 152/06, per cobalto, cromo, vanadio e idrocarburi pesanti. I dati relativi alla campagna idrochimica del 2020 nei piezometri allestiti, evidenziano un valore massimo di concentrazione nel pozzo "Sarego Sud", con un valore di 72507 ng/l di PFAS totali. Tale concentrazione attualmente rappresenta anche il massimo valore rilevato nell'intero plume di inquinamento da PFAS al di fuori del sito contaminato dell'ex MITENI. L'ubicazione dei siti è stata in principio basata sulla vicinanza del piezometro "Sarego sud", poi cambiata nell'area del piezometro "Sarego intermedio" per esigenze logistiche e per la vicinanza al terreno descritto sopra. Il sito è di particolare interesse per il biomonitoraggio, anche per la prossimità al torrente Guà, che è il risultato della confluenza di più acque superficiali, tra le quali il torrente Poscola. Nel sito di Sarego il biomonitoraggio è stato testato in più zone limitrofe, tra cui un'area interna ad uno dei vigneti (SV), una sull'argine interno del Guà (SVB) e l'ultima tra un'area incolta con possibile ex-discardica, l'argine del Guà e un vigneto (SD). La zona SD è risultata di maggior facilità di campionamento e vi è stata trovata una maggior presenza di artropodi, di conseguenza si è deciso di continuare i test solo su quest'ultima.

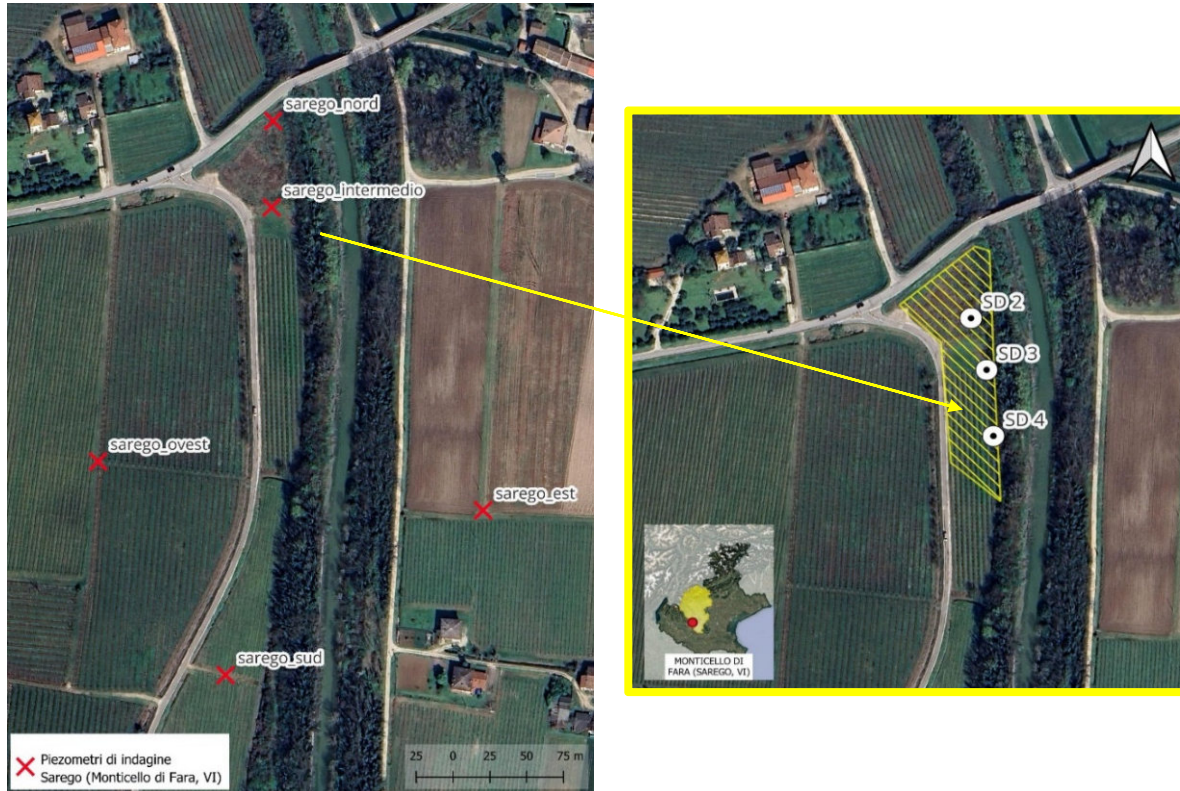


Figura 2: ubicazione dei punti di indagine nel territorio di Sarego, VI (Monticello di Fara) e Aree indagate per il biomonitoraggio in zona Monticello di Fara, comune di Sarego

Caso studio 3: Gambugliano e Nanto (VI)

Il sito di Gambugliano è situato in pianura e le attività di campionamento sono eseguite in area agricola (grano) e nell'area boschiva (querceto). Viene considerato di bianco perché situato nella valle affiancata a quella di Trissino, le cui acque sotterranee quindi non sono collegate.

Il sito di Nanto, situato nella zona collinare dei Monti Berici, ha previsto lo studio in ambiente semi-naturale, della componente prativa e boschiva. Anche in questo caso, è stato considerato di bianco perché essendo sopraelevato, le acque sotterranee non sono in contatto con il plume di inquinamento storico noto.

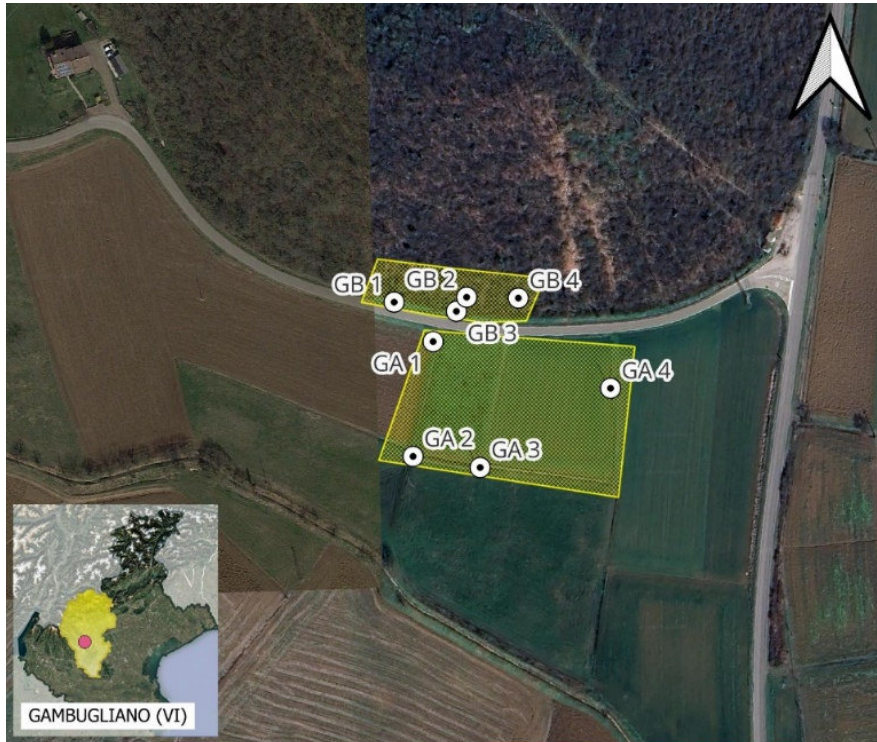


Figura 3: aree di indagine indagate a Gambugliano, nel comune di Sovizzo (VI). In alto il sito boscato e in basso la zona agricola coltivata



Figura 4: nella zona nel comune di Nanto (VI) è previsto un singolo sito comprendente zone boscate e prative

Caso studio 4: Perarolo di Cadore/Tambre (BL)

Nel corso della fase 2 (2023), la ricerca è proseguita in due aree venete di bianco, ma più remote. I due siti (Figura 5 e Figura 6) sono stati scelti in funzione della vicinanza a pluviometri (per valutare la possibile influenza della pioggia) del grado di naturalità (cioè il più possibile distanti da fattori antropici) altitudine ed orografia (perché l'area montana risulta caratterizzata da circolazione dei venti principali isolata rispetto all'area antropizzata di fondo valle e della Pianura Padana e copertura/uso del suolo), mantenendo lo studio in parallelo su aree boscate ed aree aperte prative.

Queste zone, distanti da fonti di emissione di PFAS, possono essere considerate come siti di riferimento, nei quali è assente la contaminazione oppure è presente come "valore di fondo".



Figura 5: area prativa e boschiva di Perarolo di Cadore, località Caralte



Figura 6: area prativa e boschiva di Tambre, Colle Indes

Caso studio 5: raggio 4 km da sito contaminato

Sulla base delle risultanze ottenute nelle fasi 1 e 2 del progetto, sono stati scelti 20 punti in un raggio di circa 4 km dal sito di inquinamento noto, a graduale distanza da esso e secondo le valutazioni atmosferiche e orografiche, come descritto nel paragrafo qui dedicato.

La pianificazione dei siti di campionamento ha tenuto in considerazione lo studio di dispersione in atmosfera condotto dai colleghi dell'Osservatorio Regionale Aria [25], esplicitato in Figura 8. Appare che l'area interessata dalle ricadute più significative di PFOA (pg/m^2) provenienti dall'impianto ex MITENI sia poco estesa, coprendo la zona prossima all'area aziendale ed i comuni di Trissino, Castelgomberto e le aree confinanti ai comuni di Arzignano e Montecchio Maggiore. Questo ha portato a definire un'area di campionamento (Figura 7) di circa 4 km di raggio centrata sul punto di emissione. Riducendola secondo la morfologia della zona, si sono prese in considerazione le quote simili alla quota del punto di emissione (inferiore a 140 m slm) che delimita grossolanamente i rilievi. Entro quest'area di campionamento, sono state delineate aree concentriche con tasso crescente di distanza dal punto di emissione (300 m, 450 m, 675 m, 1012 m, 1518 m, 2278 m, 3417 m). Sono stati poi definiti due transetti passanti per il sito ex-Miteni: transetto Nord-Sud, valutato sulla base della direzione prevalente dei venti e transetto Ovest-Est. Entro le aree definite e seguendo le quattro direzioni cardinali (la direzione Est è stata scartata perché occlusa dalla zona collinare con elevazione superiore dai 140 m di quota) sono stati definiti i punti di campionamento. Grazie alla carta sull'uso del suolo [35] è stato possibile scartare ambienti non idonei alla permanenza della specie di interesse. I siti proposti hanno la caratteristica di essere in aree più o meno aperte e non recintate, mantenendo una certa distanza dalle grandi strade (es. Strada Pedemontana Veneta).

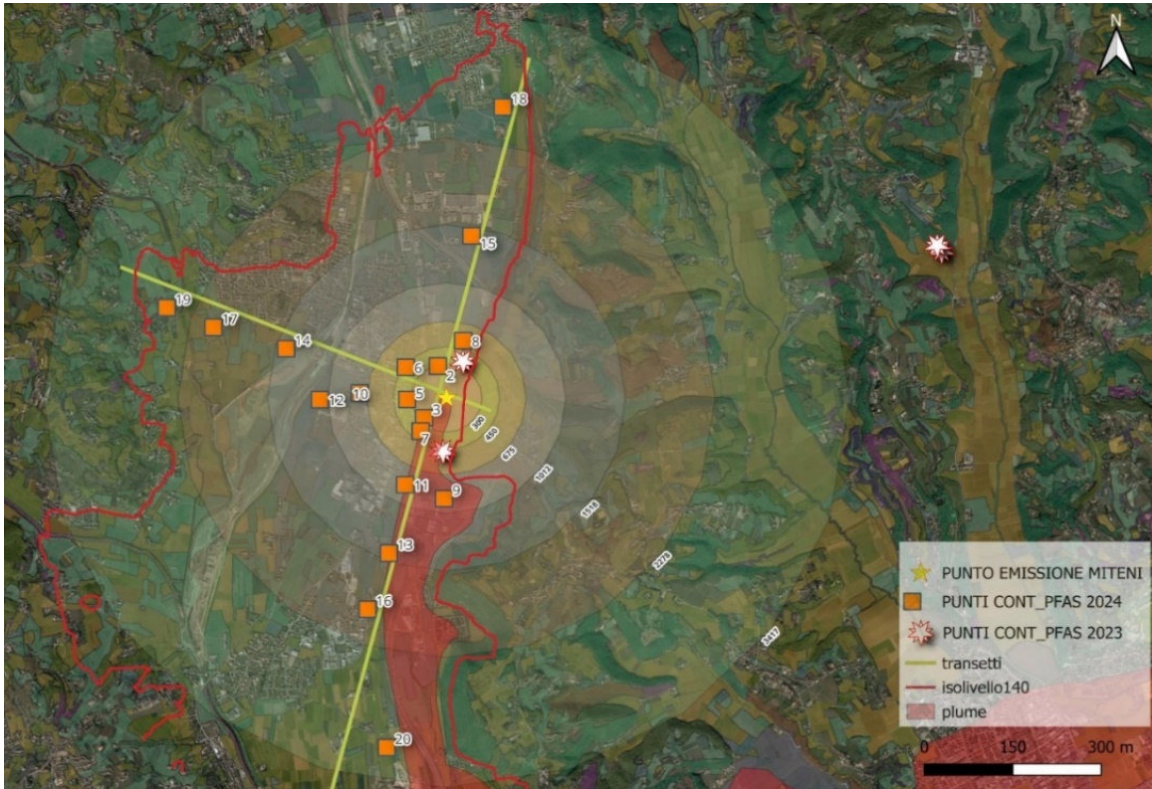


Figura 7: zone di campionamento FASE 3 (2024) zona vicentina

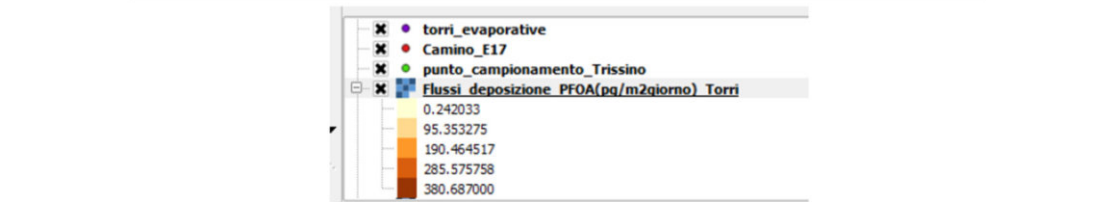
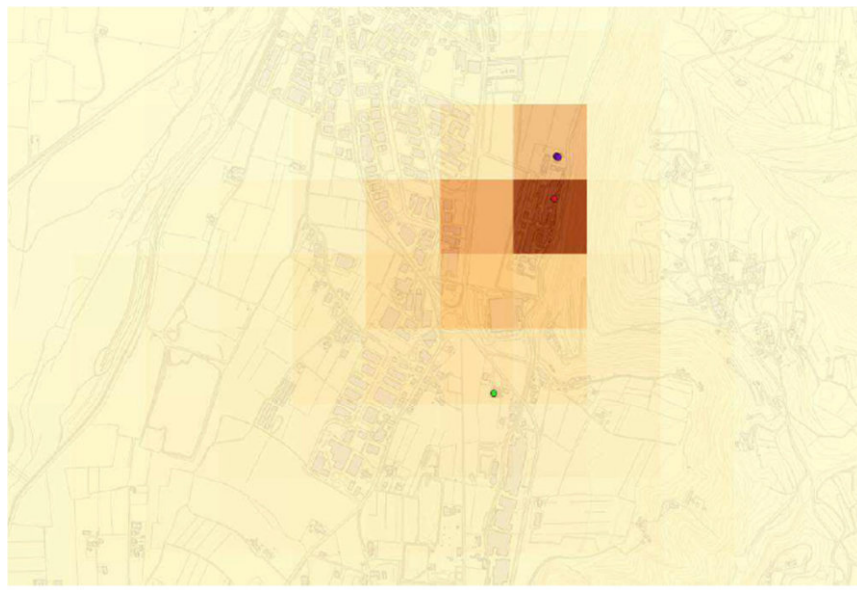


Figura 8: flussi di deposizione orari di PFOA (media annua) stimati a partire dall'emissione delle torri evaporative

2. DEFINIZIONE TEMPORALE

Nel 2022 e 2023 (FASE 1 e FASE 2) i biomonitoraggi sono stati effettuati in 3 campagne annue, in modo da ampliare il dataset a disposizione, nei casi studio Trissino (VI), Sarego (VI), Gambugliano-Nanto (VI) e Perarolo di Cadore- Tambre (BL). Nel corso del 2024 (FASE 3), invece, dopo le opportune considerazioni, tutti i casi studio, compreso il caso studio 5 (raggio di 4 km dal punto di immissione), sono stati campionati con un unico biomonitoraggio nel corso dell'anno.

Il biomonitoraggio a scopo conoscitivo delle stazioni vicentine (2022) è stato effettuato in periodo primaverile in modo da riuscire ad identificare tutti i carabidi prima dell'inizio del biomonitoraggio d'analisi.

Il biomonitoraggio a scopo conoscitivo delle stazioni bellunesi (2023), per non escludere specie target più tardive, è stato effettuato, invece, da marzo fino a fine giugno e perché si è considerato che la posizione montana ed il clima sud-alpino delle stazioni bellunesi (Perarolo di Cadore e Tambre) ritardano l'inizio delle attività degli artropodi e ne anticipano la quiescenza autunno vernina rispetto alle stazioni vicentine. Per questo motivo i periodi di campionamento sono stati aggiustati a seconda della posizione (pianura o sub-alpina) delle stazioni stesse e considerando i periodi di quiescenza (estivo e invernale) degli artropodi.

3. CAMPIONAMENTO ARTROPODI

Campionamento con wet pitfall traps

Il campionamento¹ adottato per conoscere la comunità di artropodi si è servito di trappole a caduta con esca inserita direttamente nella trappola (*wet pitfall traps*). Queste trappole sono costituite da vasi in vetro da 500 ml inseriti nel terreno con la bocca rasente la superficie in modo da agevolare l'entrata degli artropodi nel contenitore. In essi viene posta una soluzione di aceto (200 ml) e sale (cloruro di sodio, 1 cucchiaino), in modo da conservare il campione per il tempo necessario al campionamento. Le trappole sono poi riparate dalla pioggia con l'apposizione di una mattonella rilevata dal terreno da piccole pietre. Allestite in questo modo, rimangono in campo per 3-4 settimane e controllate ogni settimana.

Al termine del periodo di cattura, il contenuto dei barattoli viene filtrato in campo con un colino a maglie sottili e conservato in contenitori già etichettati, con aggiunta di alcool 70%.

Il materiale viene portato in laboratorio e conservato in alcool per l'identificazione. L'identificazione, a partire da chiavi dicotomiche specifiche e con l'aiuto di esperti, si è concentrata solo sulle specie appartenenti alla

¹ APAT, 2005

famiglia Carabidae e Staffilinidae ed è risultata utile per definire quali specie sono più idonee al monitoraggio PFAS e quindi a rendere più immediato il loro riconoscimento in campo.

Materiali *wet pitfall traps*:

- vasi in vetro da 500 ml con relativi tappi a vite
- aceto paglierino
- sale fino da cucina
- cucchiaio da tavola
- mattonelle di adeguata misura per la copertura
- ciottoli e copertura da trovare in loco
- fettuccia bianco rossa o altro nastro per indicare la posizione
- pennarello indelebile
- tanica d'acqua
- colino a maglie fine
- imbuto
- alcool 70%
- pinzette

Campionamento con pitfall traps

La raccolta del campione destinato alle analisi è stata effettuata tramite trappole a caduta di tipo *pitfall traps*, che consentono di catturare gli organismi vivi. La procedura di allestimento della trappola è simile alle *wet pitfall traps* con la differenza che l'esca non è inserita direttamente nel vaso di vetro ma in un provettone da 50 ml. Il provettone, posizionato dentro il vaso, è parzialmente riempito di aceto e chiuso con nastro adesivo e consente di attirare gli artropodi senza entrare in contatto con essi. Le trappole rimangono in campo per circa una settimana.

Il materiale campionato è poi smistato in campo, tenendo solo le specie target, scelte in base a delle caratteristiche specifiche (livello trofico, ciclo vitale, diffusione). In questo modo si ottiene un sub-campione con le migliori caratteristiche di bioaccumulo e magnificazione. Specie predatrici di dimensioni superiori ai 2,5 cm (es. *Carabus spp.*) sono state scartate perché la differenza di taglia rispetto agli altri predatori (1,5-2 cm di lunghezza) avrebbe falsato i risultati di concentrazione PFAS su peso secco del campione.

Durante la selezione del sub-campione e l'identificazione sono stati apportati tutti gli accorgimenti necessari per evitare fenomeni di *cross-contamination*, quindi tutti gli utensili/contenitori sono stati di volta in volta lavati prima con acqua, poi con alcool etilico. Per controllare l'efficienza di tali accorgimenti e dei contenitori di raccolta è stato effettuato un campione di bianco.

I sub-campioni sono stati fatti assopire a temperatura <5°C e successivamente estinti/conservati a una temperatura di -18°C fino alla conduzione delle analisi di laboratorio.

Il laboratorio ARPAV sede di Mestre ha proceduto all'identificazione e quantificazione di 24 sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nei campioni conservati.

Materiali *pitfall traps*:

- vasi in vetro da 500 ml con relativi tappi a vite trattati in autoclave
- aceto paglierino
- provettoni da 50 ml in PP
- mattonelle di adeguata misura per la copertura
- ciottoli e copertura da trovare in loco
- fettuccia bianco rossa o altro nastro per indicare la posizione
- pennarello indelebile
- frigo portatile con siberine

I campioni devono arrivare ad un peso fresco sufficiente e contenere le specie target scelte sulla base della dieta, dimensione, diffusione e conoscenza. I campioni sono maneggiati e conservati in modo da evitare la contaminazione incrociata. Il laboratorio ARPAV sede di Mestre procede all'identificazione e quantificazione di 24 sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nei campioni conservati a una temperatura di -18°C.

Materiali per il laboratorio di identificazione:

- vaschetta per smistamento in plastica bianca
- pinzette
- alcool
- acqua bi-demineralizzata
- lente di ingrandimento o stereo microscopio
- chiavi per l'identificazione
- tavole entomologiche, etichette e spilli
- matita ed etichette
- provettoni da 50 ml in PP per la conservazione del campione

4. ANALISI ARTROPODI

Preparazione campione

La preparazione del campione di biota raccolto ha previsto in principio la selezione, eliminando le specie di non interesse e successivamente il risciacquo con acqua MilliQ. Gli esemplari selezionati sono stati quindi abbattuti e mantenuti a -18°C per un tempo variabile da 1 a 3 mesi, prima di essere analizzati.

Non è stato possibile effettuare un approfondimento per valutare l'efficienza di estrazione delle sostanze ma, considerando che tutti i campioni sono stati trattati allo stesso modo e che ogni risultato è stato posto in riferimento a quelli ottenuti sul sito contaminato, non è sembrato necessario approfondire la questione.

Il primo step di estrazione ha previsto essiccazione a 40°C per 72h, registrando la perdita di umidità. Ogni campione è stato quindi macinato finemente, pesato circa 1 g di sostanza e posto in provetta di polietilene.

Sono stati predisposti anche i controlli di qualità: bianco, spike 50 ng/L, LOQ 10 ng/L, per verificare eventuali contaminazioni nel processo di estrazione, la recovery dello standard e calcolare il limite di quantificazione.

Per gli ultimi due sono state preparate delle provette con circa 1 g di campione macinato, scelto tra i casi studio riconducibili ai siti di "bianco" e tutte le provette (campioni e controlli di qualità) è stata aggiunta un'aliquota di standard interno 5000 ng/L. A spike 50 ng/L e LOQ 10 ng/L è stata anche aggiunta una aliquota di soluzione di spike 5000 ng/L. Infine tutte le soluzioni sono state portate a 5 ml con MeOH.

Le soluzioni di standard interno e spike a 5000 ng/L sono state costruite con gli stessi analiti della retta di taratura, possibilmente a partire da batch diversi.

Le aliquote sono state quindi omogeneizzate, poste in bagno a ultrasuoni per 30 minuti e centrifugate a 4000rpm per 10 min. A questo punto sono state lasciate riposare in frigorifero per 24h al fine di migliorare il recupero delle catene corte.

Dal surnatante sono stati prelevati 500 µl e diluiti in 4.5 ml di acqua milliQ. Le soluzioni ottenute, una volta omogeneizzate, sono state fatte passare attraverso cartucce OASIS® WAX (Weak Anion-eXchange), 6 cc, 500 mg, con polimero di fase inversa, precedentemente condizionate, secondo lo schema di seguito (Figura 9).



Figura 9: schema di utilizzo cartucce spe

Le soluzioni sono state poi portate a secco attraverso centrifuga evaporatrice (GENEVAC) a 45°C per 3h. Il residuo è stato infine ripreso con 5 ml di miscela 50:50 di Metanolo e Acqua allo 0.5% di acido acetico.

Analisi

Si rimanda al metodo ASTM D7968-23 per taratura e condizioni strumentali.

I campioni sono stati analizzati per iniezione diretta e le tarature effettuate in un range di concentrazione che va da 5 a 1000 ng/L, che permettono di ricavare le concentrazioni degli analiti all'interno della soluzione di estrazione dal campione, attraverso metodo dello standard interno. I valori così ottenuti, tenuto conto della pesata e del fattore correttivo (FC), sono calcolati in µg/Kg ss.

Per quanto riguarda il controllo di qualità è stato considerato che il recupero dovesse essere compreso tra 50% e 130% per PFHpA, PFHxA, PFBA e tra 70% e 130% per tutti gli altri analiti, mentre il recupero per LOQ compreso tra 35% e 150% per tutti gli analiti. Si fa presente che a causa dell'uso della WAX, il congenere FOSA non è del tutto attendibile, anche se verrà riportato ugualmente.

Nel corso delle analisi, parte dei campioni della seconda fase (2023), incidentalmente, ha avuto un trattamento termico diverso rispetto al metodo deciso, che prevedeva 40°C per 72 ore, subendo un riscaldamento a 170°C per circa 1h. Data l'elevata resistenza termica degli analiti coinvolti, si presume che ciò non abbia comportato l'esclusione di tali dati per quanto riguarda i PFAS a catena lunga. Inoltre i campioni che sono stati trattati a 40°C presentano una concentrazione di PFOA e PFOS dello stesso ordine di grandezza rispetto ai precedenti.

5. RISULTATI ARTROPODI

Elenco specie trovate

Il target delle specie da considerare è focalizzato sulle caratteristiche trofiche, di diffusione e del livello di conoscenza che si ha di queste specie. Nel dettaglio, ci si è focalizzati su specie predatrici, essendo, in questo caso, amplificato l'aspetto di bioaccumulo e biomagnificazione dato che alcune specie pare riescano ad ingerire cibo fino a 3,5 volte il loro stesso peso al giorno.

I coleotteri carabidi risultano, quindi, utili indicatori biologici ^[3,4,5] per le seguenti caratteristiche:

- possono essere campionati con continuità, in modo automatico (trappole a caduta), e permettono di ottenere dati di tipo quantitativo sulla presenza delle specie;
- sono facilmente manipolabili sia in fase di determinazione che nelle esigenze di esperimenti di laboratorio;

- presentano attività vitali abbastanza uniformi per la maggioranza delle specie. Sono predatori polifagi nella maggior parte dei casi, vivono a livello della superficie ed entro i primi centimetri di spessore del suolo producono (con alcune eccezioni) una generazione all'anno;
- sono un gruppo di artropodi ben conosciuto dal punto di vista tassonomico, biologico ed ecologico;
- rappresentano un elemento importante nella rete alimentare, essendo predatori di piccoli invertebrati, e facendo parte della dieta di anfibi, rettili, uccelli e piccoli mammiferi;
- si distribuiscono nell'ambiente secondo chiare preferenze di habitat, tali da permettere l'identificazione di cenosi, intese come raggruppamenti di specie definibili su base faunistico-statistica, tipici di biomi, ecosistemi, o unità ecologiche inferiori.

Dai campioni di tipo conoscitivo, raccolti tra marzo e giugno, si è osservato che tra le diverse zone di raccolta c'era spesso alta variabilità delle specie, fattore dovuto sia dalla diversità climatica (vicentino vs bellunese) sia dal tipo di terreno, agricolo o boschivo.

Il livello trofico, a partire dallo studio del 2022 comprendeva uno spettro più ampio di coleotteri carabidi, andando anche a comprendere specie generaliste (onnivore), in alcuni casi erbivore e poi predatrici generaliste o specifiche. Nel corso dello studio, già a partire dal 2023, l'attenzione è stata maggiormente focalizzata su specie predatrici generaliste e/o specifiche mentre nel 2024 ci si è concentrati solo sulla specie *Abax*, predatorice di cui, grazie all'analisi applicata su di un campione puro di *A. parallelepipedus* del 2022, si conosce il tasso di bioaccumulo.

6. ELABORAZIONE DEI DATI

Analisi Multivariata delle componenti principali (PCA).

L'analisi delle componenti principali è una tecnica statistica che si usa quando nel dataset ci sono molte variabili correlate tra loro e si vorrebbe ridurre il numero, perdendo la minore quantità di informazione possibile.

Prima di tutto sono stati eliminati i campionamenti in cui tutti i congeneri risultavano inferiori al limite di quantificazione. Per gli altri campionamenti, in cui solo alcuni congeneri risultano inferiori al limite di quantificazione, è stato seguito il principio di *low bound* definendo quindi la concentrazione = 0.

Per quanto riguarda la classificazione dei dati, sono stati considerati come variabili:

- le somme delle varie specie di artropodi raccolte, a seconda della loro dieta (predatori, generalisti, fitofagi), semplificando la classe di predatori come somma di predatori e predatori specialisti;
- i congeneri PFAS. Di questi, per semplificazione, PFOA e PFOS sono stati espressi ognuno come somma di lineari e ramificati, espressi come lineari.

L'unica suddivisione per gruppo è stata fatta considerando i vari siti in funzione del sito, quindi della distanza dalla zona di inquinamento noto.

Prima di eseguire l'analisi, sono stati controllati più parametri riguardanti il set di dati riassunti nei punti di seguito.

1. Le variabili devono essere di tipo **quantitativo**

Le variabili considerate sono tutte di tipo numerico, quindi quantitative.

2. Le variabili devono avere una **relazione lineare** tra loro

Per verificare l'affermazione sono stati calcolati i coefficienti di correlazione di Pearson. Per fare questo i congeneri cC6O4, 4:2_FTS, 6:2_FTS, 8:2_FTS, PFPeS, PFNS, PFDeS, ADONA e FOSA non sono stati considerati in quanto non determinati in tutti i campioni. Sono stati eliminati anche i congeneri che presentano solo valori al di sotto del LOQ nei vari campionamenti 2022 e 2023. Anche i campionamenti che non presentano analisi di PFAS sono stati scartati.

La matrice di correlazione di Pearson quindi risulta in Tabella 4.

Dalla matrice vediamo che l'indice di correlazione lineare è in generale basso tra le variabili e si può facilmente notare che la dieta degli artropodi (variabili P, G, E) non influenza, in questa analisi, la distribuzione dei congeneri. Le uniche correlazioni importanti sono tra i congeneri di PFAS stessi. La presenza di un composto determina la presenza di quello con indice di correlazione significativo, come ad esempio PFOA e

PFBA con PFOS e PFBS rispettivamente, che non a caso sono gli acidi (PFOA e PFBA) dei relativi composti solfonati (PFOS e PFBS). Il primo step di degradazione dei composti solfonati è infatti proprio la perdita del gruppo contenente l'atomo di zolfo, per ottenere un gruppo acido.

3. La correlazione tra variabili deve essere **moderata**

Nel modello della PCA vengono incluse solo variabili che risultano almeno moderatamente correlate tra loro (r da ± 0.3 a ± 1). Vengono eliminate le variabili che hanno tutte correlazioni inferiori a ± 0.3 quindi le variabili legate alla dieta (P=predatore + predatore specialista, G=generalista, F=fitofago).

4. Il dataset deve essere sufficientemente **numeroso**

Ogni variabile ha un set finale di 55 dati.

Tabella 4: matrice di correlazione di Pearson per i dati di biomonitoraggio della fase 1 e 2. (Correlazione nulla da ± 0.1 a ± 0.3 ; correlazione scarsa da ± 0.3 a ± 0.5 – in blu; correlazione buona da ± 0.5 a ± 1 – in verde)

	PFBA	PFBS	PFHxA	PFHpA	PFHpS	PFHxS	PFOA	PFNA	PFDeA	PFOS	PFUnDA	PFDoDA	HFPO-DA	P=Pred. +Pred.spec.	G=generalista	E=fitofago
PFBA	1,00															
PFBS	0,69	1,00														
PFHxA	0,32	0,50	1,00													
PFHpA	0,87	0,66	0,26	1,00												
PFHpS	0,48	0,47	0,25	0,40	1,00											
PFHxS	0,08	0,07	0,24	0,07	0,18	1,00										
PFOA	0,48	0,51	0,22	0,42	0,83	0,09	1,00									
PFNA	0,02	0,07	0,21	0,01	0,23	0,33	0,28	1,00								
PFDeA	0,49	0,56	0,25	0,40	0,89	0,20	0,91	0,48	1,00							
PFOS	0,47	0,48	0,24	0,33	0,96	0,19	0,76	0,25	0,86	1,00						
PFUnDA	0,10	0,19	0,35	0,08	0,03	0,43	0,09	0,80	0,28	0,05	1,00					
PFDoDA	0,51	0,57	0,65	0,49	0,52	0,47	0,32	0,38	0,50	0,52	0,54	1,00				
HFPO-DA	0,66	0,43	0,41	0,53	0,81	0,21	0,60	0,13	0,68	0,77	0,02	0,62	1,00			
P=Pred. +Pred. Spec.	-0,04	0,03	-0,02	0,05	0,00	-0,08	-0,06	-0,21	-0,10	-0,07	-0,15	-0,05	-0,11	1,00		
G=generalista	-0,10	-0,08	-0,10	-0,08	0,25	-0,06	0,10	0,01	0,18	0,19	-0,20	-0,16	0,18	0,20	1,00	
E=fitofago	-0,04	0,04	-0,04	-0,03	-0,07	-0,04	-0,02	-0,09	-0,04	-0,03	-0,08	-0,10	-0,06	-0,11	-0,05	1,00

La PCA è stata calcolata con **RStudio** e i grafici di output vengono descritti in figura 10, 11 e 12.

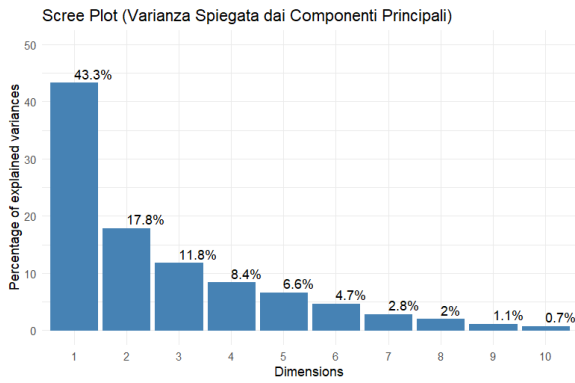


Figura 10: grafico della varianza spiegata dai componenti principali

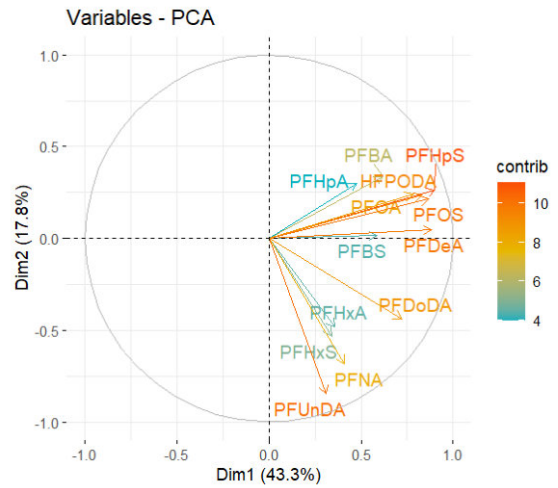


Figura 11: loading plot per le prime due componenti principali

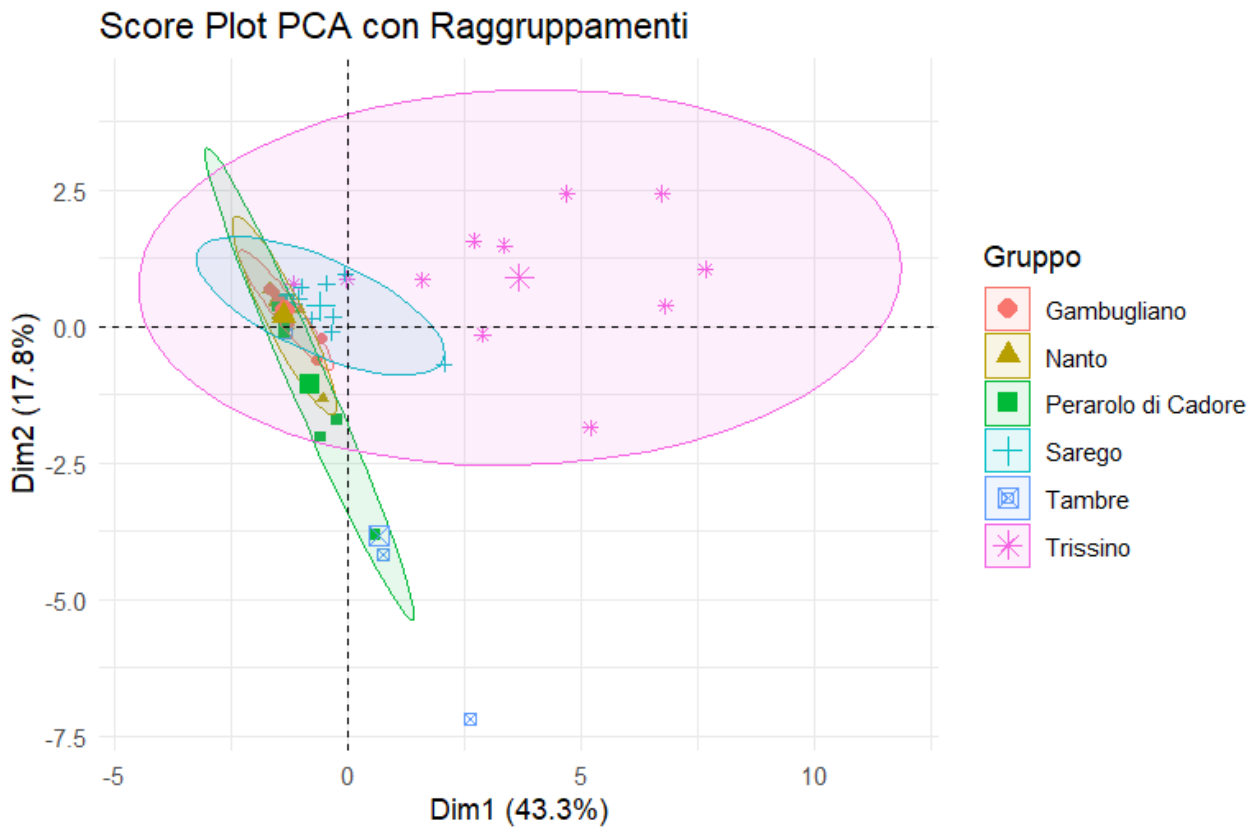


Figura 12: score plot con raggruppamenti

L'analisi dimostra quanto già evidenziato dalla correlazione di Pearson, cioè che le variabili sono scarsamente correlate tra loro. Dal grafico della Varianza Spiegata dai Componenti Principali (Figura 10) possiamo notare che le prime due componenti coprono poco più del 60%, arrivando a poco più dell'80% nelle prime 4 componenti. Questo dato rende l'approccio statistico parzialmente efficace.

Analizzando il loading plot per le prime due componenti principali (Figura 11), vediamo che la prima componente in ascissa, evidenzia l'informazione portata principalmente da PFHpS (seguito da PFOS, PFDeA e altri), mentre in ordinata la seconda componente principale evidenzia l'informazione portata da PFUnDA. Tali parametri chimici differenzieranno comunque gli oggetti soprattutto in relazione ad una loro generale abbondanza. A questo proposito, attraverso l'analisi degli scores (Figura 12), si evidenziano campioni più ricchi in PFAS, appartenenti al gruppo di Trissino, seguiti da Sarego. Più modesta e diversificata la risposta chimica a Gambugliano e Nanto, pur relativamente vicini (in termini di collocazione spaziale) alle zone di massimo. Le abbondanze di PFAS sono generalmente simili per Tambre, Perarolo di Cadore, Gambugliano e Nanto che risultano areali a minore abbondanza. Si segnalano comunque evidenze di presenza, per quanto relativamente moderata, ma complessivamente significativa, delle sostanze segnate nel semiasse negativo della seconda componente principale (Dim2) del loading plot.

7. CAMPIONAMENTO CON DEPOSIMETRI BULK

I deposimetri tipo *bulk* (Figura 13) sono dei sistemi di campionamento passivo predisposti per raccogliere ogni tipo di deposizione in arrivo dall'atmosfera, sia secca che umida. Sono costituiti da una bottiglia di raccolta (in vetro Pyrex®) da 10 L e da un sovrastante imbuto a parete cilindrica, sostenuto in posizione verticale, in modo che l'apertura superiore risulti sempre libera da ingombri e in grado di intercettare tutte le polveri e le precipitazioni in arrivo. L'area di raccolta del campione è pari a 0.036 m². Per proteggere il campione dall'esposizione alla luce e al calore, la bottiglia e l'imbuto vengono alloggiati dentro un recipiente cilindrico in materiale plastico opaco.



Figura 13: deposimetro di tipo bulk, installato e pronto per il campionamento (foto in alto a sinistra) e smontato nei suoi vari componenti

8. CAMPIONAMENTO SUOLO

Per l'indagine sui suoli è stato effettuato un campionamento sistematico, secondo la procedura interna.

Materiale da campo:

- Trivella manuale
- Vanga
- Paletta in acciaio
- Secchio in plastica da 15 litri
- Contenitori in PE a bocca larga da 1 litro
- Setaccio con maglia 2 cm (per confronto con i limiti del D. Lgs 152/2006)
- Sacchetti in PE
- Strumenti di posizionamento satellitare (GPS)

Per ogni zona omogenea di campionamento sono stati prelevati 10 campioni elementari (6 a Perarolo Bosco). Ogni area omogenea di campionamento è stata idealmente suddivisa in unità della stessa estensione. All'interno di ogni unità è stato prelevato un campione elementare evitando i bordi della zona di campionamento ed aree non rappresentative (ristagno di acqua, stazionamento animali, ...). Ogni campione elementare aveva all'incirca lo stesso peso/volume.

La profondità del prelievo, trattandosi di suoli a prato e pascolo e boschivi, è stata di 30 cm nelle aree prative e dai 30 ai 60 cm nelle zone boschive (dipendentemente dalla lettiera di fogliame presente nei siti).

I campioni elementari prelevati sono stati omogeneizzati e setacciati in modo da creare un unico campione; sono stati prelevati quindi 1,5 – 2kg di campione.

I campioni sono stati conservati ad una temperatura di 4°C ed inviati al Dipartimento Laboratori ARPAV di Mestre il giorno successivo.