

Fondazione Museo Civico di Rovereto

**Attività di monitoraggio ambientale
2023**

**Comprensiva delle analisi dei dati odorigeni
dell'ultimo semestre 2023**

Rovereto, marzo 2024

A cura di
Fondazione Museo Civico di Rovereto

INDICE

1. PREMESSA	3
2. MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA: MOLESTIA ODORIGENA.....	4
STAZIONE AUTOMATICA DI RILEVAZIONE PEN3METEO (NASO ELETTRONICO)	4
RETE DEI CITTADINI SEGNALATORI (NASI UMANI)	14
CONFRONTO TRA NASI UMANI E NASO ELETTRONICO	17
NASO ELETTRONICO: MANUTENZIONE, SOPRALLUOGHI E INDIVIDUAZIONE DI NUOVE SORGENTI ODORIGENE ...	22
3. MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA: INQUINANTI E POLVERI SOTTILI	23
RILEVAZIONE DELLE POLVERI SOTTILI.....	23
RILEVAZIONE DEI METALLI PESANTI.....	31
4. MONITORAGGIO DELLA FALDA FREATICA.....	40
5. MONITORAGGIO ENTOMOLOGICO DELLA ZANZARA TIGRE	63
6. MONITORAGGIO DELLA FLORA	65
7. MONITORAGGIO TRAMITE TELERILEVAMENTO.....	66
8. CONCLUSIONI.....	72
RINGRAZIAMENTI	74
APPENDICE	75

1. Premessa

La presente relazione costituisce un compendio delle attività di monitoraggio ambientale svolte dalla Fondazione MCR nel corso del 2023 sul territorio comunale della città di Rovereto, frutto del lavoro delle diverse sezioni museali e dell'OpenLab che vi è trasversale.

Queste attività sono accomunate da una continuità temporale, seppur con diversa frequenza di raccolta del dato di interesse, e da un carattere di complementarietà, nell'intento di pervenire a una visione complessiva della situazione ambientale comprensiva della imprescindibile componente dinamica. I fenomeni naturali e antropici, nella loro reciproca influenza, per essere adeguatamente descritti e compresi, hanno bisogno di uno studio nel tempo di parametri individuati come rappresentativi; serve quindi costruire e continuare una serie storica significativa, indispensabile per confronti e modellazioni.

Da questo punto di vista il Museo, oggi Fondazione, in questi anni ha curato con continuità il rilievo periodico della quota della prima falda sfruttando pozzi, pubblici e privati, presenti e accessibili in zona industriale, a cui se ne sono aggiunti quest'anno di nuovi in altre zone di Rovereto; ha realizzato il monitoraggio della qualità dell'aria attraverso l'utilizzo di licheni bioaccumulatori (dal progetto pilota condotto negli anni 2000, vedi R. Zorer, 2002, alle campagne di rilevazione strutturate, su una rete di controllo, nel 2014, 2016, 2019, fino alla campagna dell'anno 2022).

Inoltre dal 2016 grazie alla nuova attrezzatura messa a disposizione dal Comune di Rovereto è stato avviato un progetto di controllo della componente odorigena dell'aria, con postazione di rilevazione in zona industriale, e dal 2018 si è avviata anche la misurazione del particolato atmosferico. In più, fino all'anno 2022, in maniera sperimentale, è stato svolto anche un progetto di rilievo del territorio con la tecnica dell'iperspettrale, mentre il telerilevamento in zona industriale è proseguito anche nel 2023 con tecniche alternative.

Nel controllo ambientale va inoltre annoverato il monitoraggio entomologico di insetti molesti di interesse sanitario, quali la zanzara tigre (dal 1997 ad oggi). Questa ricerca ha valenza sovra comunale, così come quella di mappatura della flora e dei suoi cambiamenti nella distribuzione spaziale e temporale, compresa la segnalazione di specie alloctone e aliene, aspetti fortemente collegati all'uso del suolo, alla qualità ambientale oltre che ai cambiamenti climatici. Le postazioni di controllo e/o i punti di rilievo sono consultabili sulla mappa di GoogleMyMaps collegata al sito EMAS, http://www.emasrovereto.it/emas_home.jsp del Comune di Rovereto, che è costantemente aggiornato nei contenuti. Per il progetto di monitoraggio della zanzara tigre esiste inoltre un sito internet dedicato, sviluppato e mantenuto dalla Fondazione MCR, con i dati raccolti fino a tutto il 2019: https://zanzara.fondazionemcr.it/zanz_home.jsp.

Dal 2019 in poi i dati vengono invece immessi nel sito web del tavolo di lavoro provinciale gestito dalla Fondazione Mach raggiungibile all'indirizzo <https://vettoritrentino.it/>.

Il monitoraggio ambientale ha riguardato nel 2023 le matrici aria (sia in termini di odore che di polveri sottili) e acqua, oltre che le componenti entomologiche e floristiche. La campagna di biomonitoraggio della qualità dell'aria tramite licheni epifiti è stata invece eseguita l'ultima volta a gennaio 2022, in modo da avere il periodo di controllo confrontabile anche con quello delle precedenti campagne di indagine 2014, 2016 e 2019 e avere così una serie temporale esplicativa della naturalità ambientale del comune di Rovereto.

2. Monitoraggio della qualità dell'aria: molestia odorigena

Per la registrazione della componente odorigena dell'aria ci si è avvalsi:

- della strumentazione Pen3Meteo (naso elettronico).
- di cittadini segnalatori che collaborano sistematicamente al progetto di monitoraggio degli odori (nasi umani);

Stazione automatica di rilevazione Pen3Meteo (naso elettronico)

Per quanto riguarda la rilevazione della molestia odorigena per il periodo gennaio–giugno del 2023 con la strumentazione Pen3Meteo, detta “naso elettronico”, si rimanda al report tematico consultabile on-line al link “Consulta i dati” del sito EMAS (https://www.emasrovereto.it/emas_home.jsp). Dalla stessa pagina è possibile accedere anche ai grafici costruiti col dato acquisito dalla strumentazione nei periodi di misura in continuo. La creazione di questi grafici, che vengono aggiunti periodicamente, non è automatizzata e richiede all'operatore molto tempo per l'assemblaggio manuale di migliaia di misure; attualmente risultano scaricabili i grafici relativi alle rilevazioni dal 2016 fino a giugno 2023 compreso. Infine on line è presente anche una rappresentazione grafica di sintesi con gli eventi odorigeni caratterizzati da un'intensità relativa di odore pari o superiore a 2, di tutto il periodo temporale controllato (dal 2016 fino a giugno 2022) e a breve sarà pubblicata la versione aggiornata fino a tutto il 2023 (comprensivo del confronto con le quantità di segnalazioni effettuate dai nasi umani).

In generale la registrazione effettuata dalla strumentazione risente fortemente della posizione in cui la strumentazione stessa è installata, sia per il fatto di essere più vicina ad una sorgente rispetto ad un'altra, sia per l'andamento prevalente dei venti. Tutto ciò influenza l'intensità di odore misurato e l'eventuale prevalenza di alcune sorgenti rispetto ad altre. Dal 21 maggio 2019 la centralina di misura (naso elettronico, punto di aspirazione dell'aria e anemometro) è installata all'aperto, in area verde, presso la postazione, già utilizzata in passato, di via Pederzini dove è ancora operativa (fig. 1).

Dal 13 maggio 2019, viste le segnalazioni di eventi odorigeni brevi ma molesti (zaffate), si è preferito impostare la modalità di acquisizione in modo da accorciare il tempo di pulizia e raccogliere misure più ravvicinate e dunque aumentare la copertura temporale. Si è quindi abbassato l'intervallo di pulizia da 500 s a 300 s, cui segue una misura per la durata di 100 s. Ciò significa che ciascuna misura (tra pulizia e campionatura) copre un intervallo temporale di circa 400 s, vale a dire poco meno di 7' mentre in precedenza l'intervallo complessivo era di 10' (600 s).



Fig. 1. Postazione di misura del naso elettronico in via Pederzini a Rovereto.

Riassumendo dal primo luglio 2023 al 31 dicembre 2023 la quantità di dati raccolti è stata la seguente:

Giorni di misura: 184 (dato aggiornato al 31 dicembre compreso) N. totale misure: 38264 (dato aggiornato al 31 dicembre compreso) N. misure al giorno: ca. 208.

Nel corso dell'intero anno 2023 i dati raccolti sono stati invece i seguenti:

Giorni di misura: 343 (dato aggiornato al 31 dicembre compreso) N. totale misure: 71020 (dato aggiornato al 31 dicembre compreso) N. misure al giorno: ca. 208.

Le misure acquisite dal naso elettronico sono confrontate in automatico dal software WinMuster, tramite l'operazione statistica di correlazione, con le sorgenti odorigene campionate finora, vale a dire le emissioni degli impianti Suanfarma (ex Sandoz), Aquaspace, Discarica e Depuratore e con la cosiddetta "aria base", corrispondente alla misura dell'aria di fondo¹.

La mole di dati raccolta giornalmente è notevole, ciò nonostante oltre alla procedura automatica si è scelto di svolgere anche un lavoro di controllo del dato grezzo da parte dell'esperto. Dato che l'operazione automatica via software prevede di considerare, per l'attribuzione della sorgente di odore, solo gli ultimi 20 s dei 100 s di misura (procedura in linea con la normativa in materia), le singole misure vengono anche esaminate per tutta la durata (100 s) al fine di avere un quadro completo di quanto rilevato. Analizzare per intero la finestra di misura consente infatti di evidenziare tutti gli eventi, compresi quelli non persistenti (di breve durata) quali le zaffate, estrarre le informazioni

¹ Aria di fondo che rappresenta l'aria priva di un particolare odore, a detta delle persone presenti presso il punto di monitoraggio, e considerata quindi convenzionalmente inodore.

relative all'intensità relativa di odore e attribuire - se di interesse - la sorgente odorigena. Nei periodi di misura in continuo l'andamento delle registrazioni è quindi visionato in tempo quasi reale dal gruppo di lavoro della Fondazione MCR che sfrutta, a tal fine, un sistema di *remote control* con trasmissione dei dati in continuo dalla centralina (posta al momento in zona industriale) al server dedicato.

Di seguito si riportano i grafici, costruiti per i singoli anni dal 2016 al 2023, pertinenti agli eventi odorigeni con intensità relativa pari o superiore al livello 2, aggiornati al 31 dicembre 2023 (figg. 2-9). Comprendono e considerano tutti i periodi di rilevazione in continuo effettuati dal naso elettronico da maggio 2016 a fine 2023. Da un periodo all'altro, avendo il naso elettronico cambiato postazione di misura, ciascuna collocazione è stata contraddistinta nel grafico da simboli diversi. Quando nel grafico si riutilizza lo stesso simbolo, in un intervallo successivo, vuol dire che la strumentazione era stata riposizionata nel medesimo luogo.

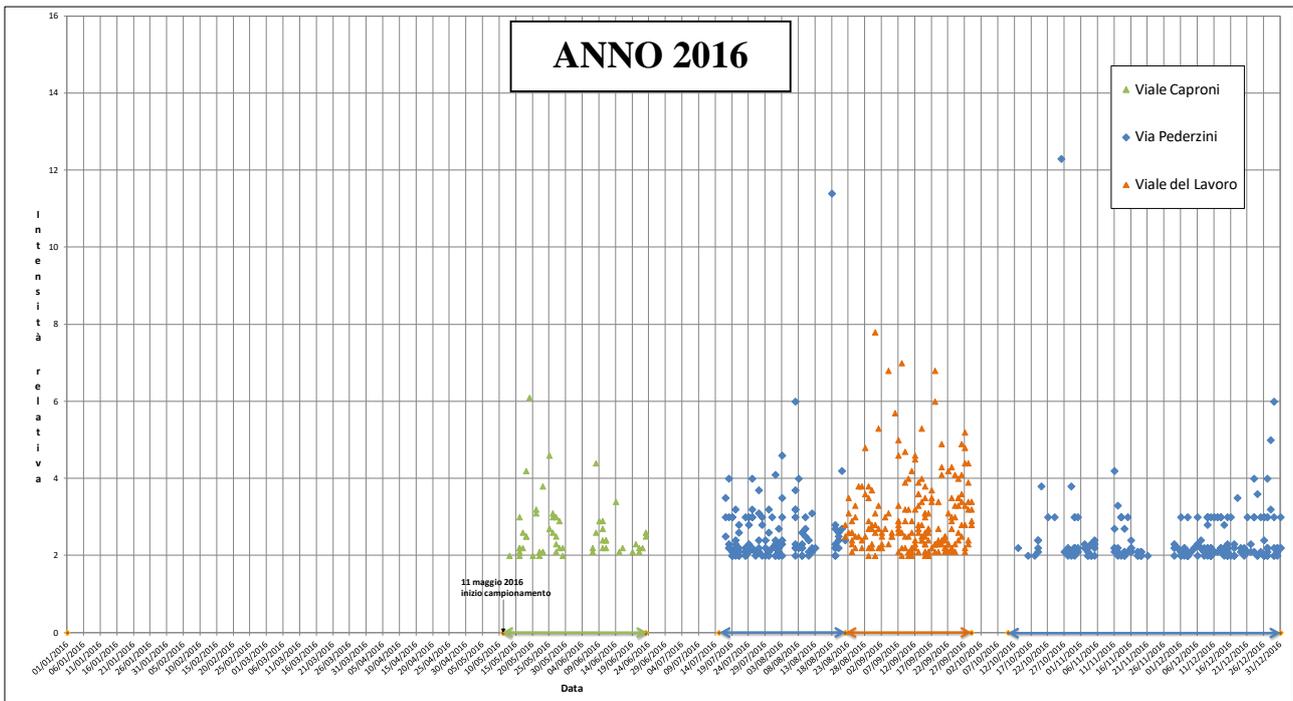


Fig. 2. Grafico dell'andamento nel tempo (dall'11 maggio 2016 al 31 dicembre 2016) dei periodi con intensità relativa dell'odore pari o superiore a 2. Le frecce orizzontali sull'ascissa rappresentano gli intervalli temporali in cui la strumentazione Pen3Meteo ha registrato in continuo.

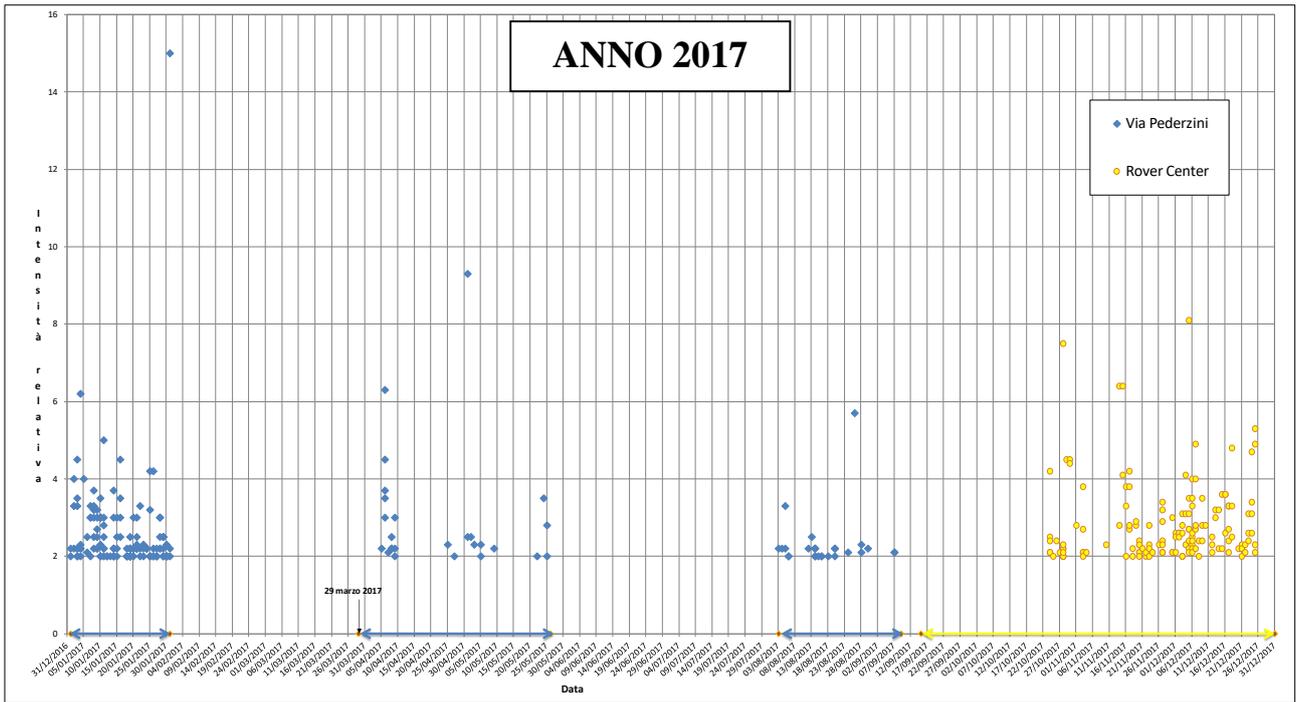


Fig. 3. Grafico dell'andamento nel tempo (dal 1 gennaio 2017 al 31 dicembre 2017) dei periodi con intensità relativa dell'odore pari o superiore a 2. Si osservi che dal 29 marzo 2017 è divenuto operativo il sistema di abbattimento odori della Azienda Sandoz ID (oggi Suanfarma S.p.A.). Le frecce orizzontali sull'ascissa rappresentano gli intervalli temporali in cui la strumentazione Pen3Meteo ha registrato in continuo.

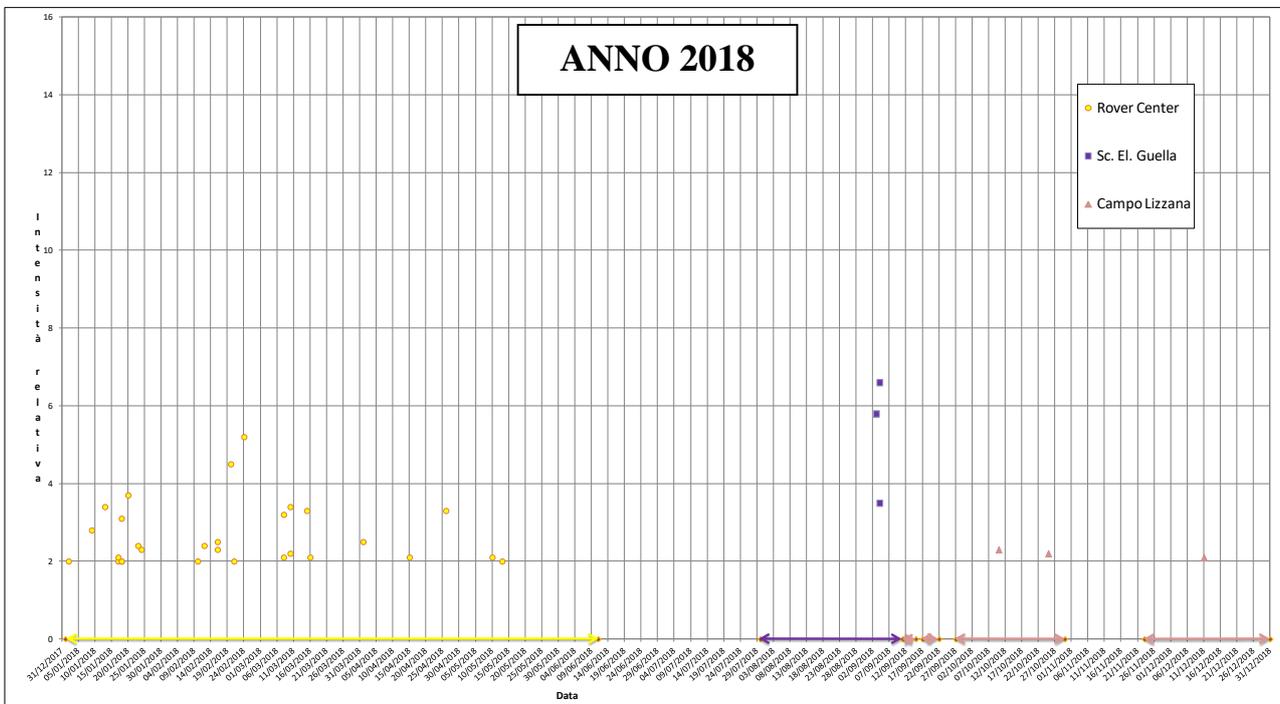


Fig. 4. Grafico dell'andamento nel tempo (dal 1 gennaio 2018 al 31 dicembre 2018) dei periodi con intensità relativa dell'odore pari o superiore a 2. Le frecce orizzontali sull'ascissa rappresentano gli intervalli temporali in cui la strumentazione Pen3Meteo ha registrato in continuo.

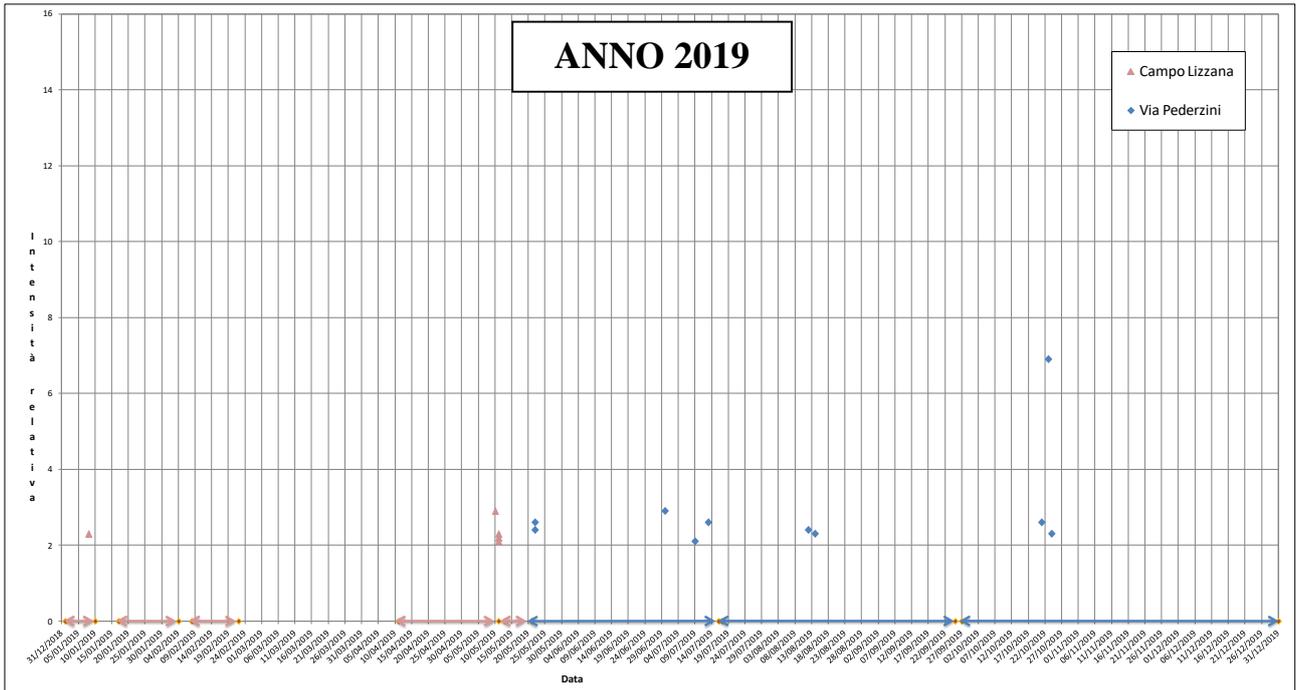


Fig. 5. Grafico dell'andamento nel tempo (dal 1 gennaio 2019 al 31 dicembre 2019) dei periodi con intensità relativa dell'odore pari o superiore a 2. Le frecce orizzontali sull'ascissa rappresentano gli intervalli temporali in cui la strumentazione Pen3Meteo ha registrato in continuo.

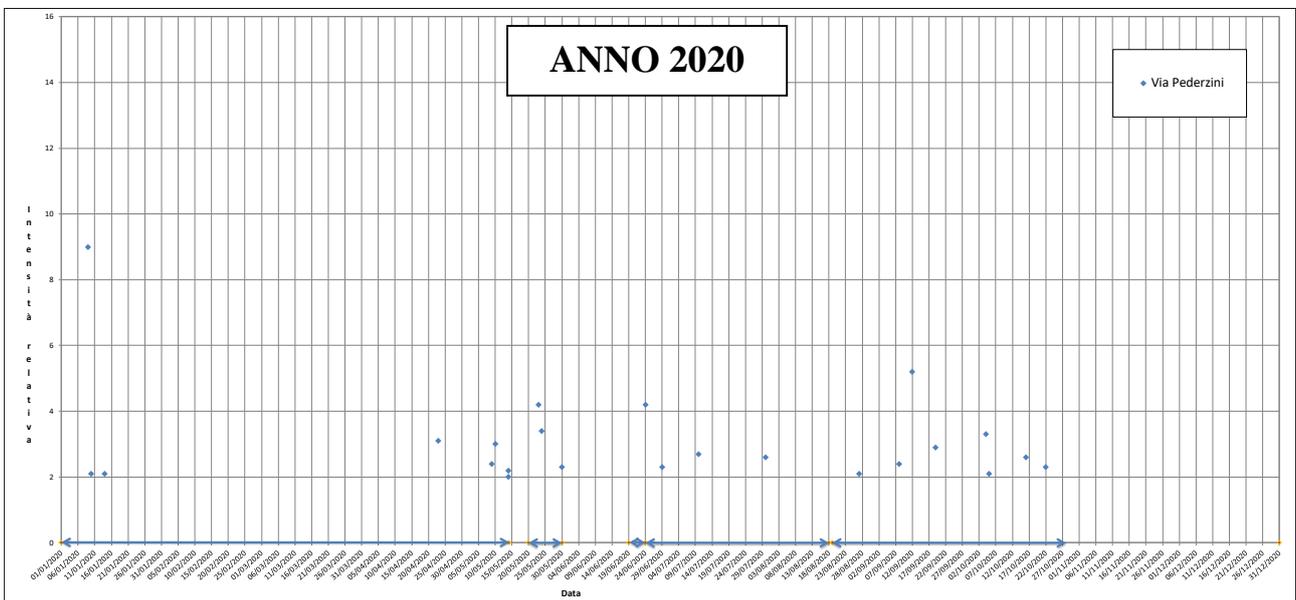


Fig. 6. Grafico dell'andamento nel tempo (dal 1 gennaio 2020 al 31 dicembre 2020) dei periodi con intensità relativa dell'odore pari o superiore a 2. Le frecce orizzontali sull'ascissa rappresentano gli intervalli temporali in cui la strumentazione Pen3Meteo ha registrato in continuo.

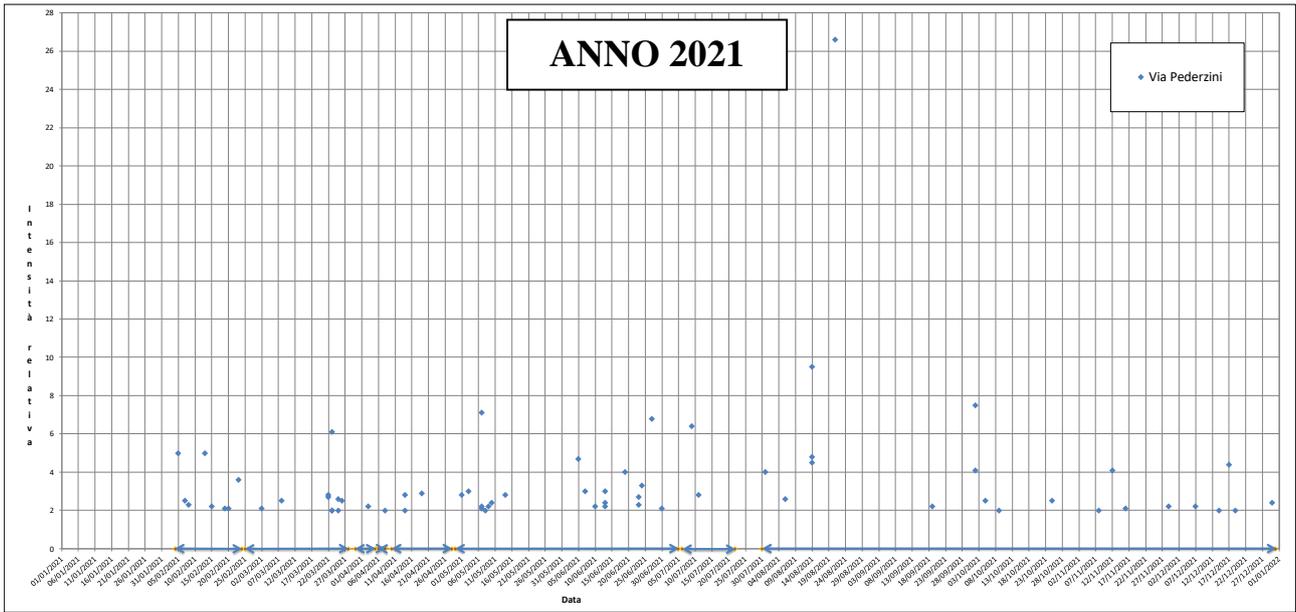


Fig. 7. Grafico dell'andamento nel tempo (dal 1 gennaio 2021 al 31 dicembre 2021) dei periodi con intensità relativa dell'odore pari o superiore a 2. Le frecce orizzontali sull'ascissa rappresentano gli intervalli temporali in cui la strumentazione Pen3Meteo ha registrato in continuo.

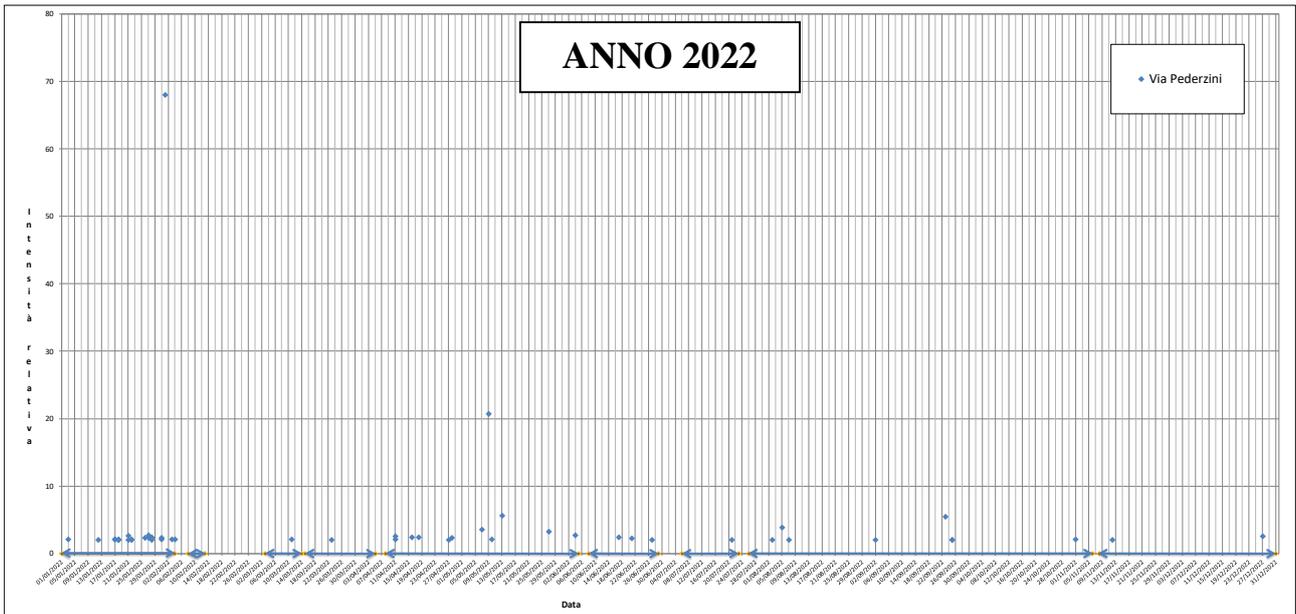


Fig. 8. Grafico dell'andamento nel tempo (dal 1 gennaio 2022 al 31 dicembre 2022) dei periodi con intensità relativa dell'odore pari o superiore a 2. Le frecce orizzontali sull'ascissa rappresentano gli intervalli temporali in cui la strumentazione Pen3Meteo ha registrato in continuo.

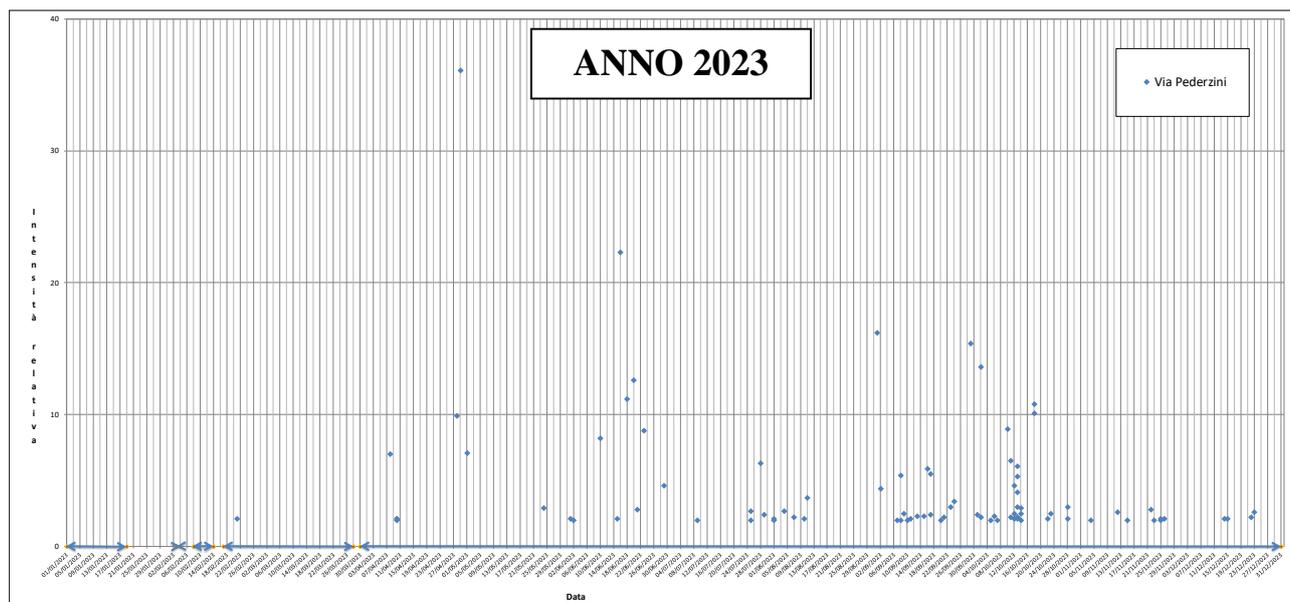


Fig. 9. Grafico dell'andamento nel tempo (dal 1 gennaio 2023 al 31 dicembre 2023) dei periodi con intensità relativa dell'odore pari o superiore a 2. Le frecce orizzontali sull'ascissa rappresentano gli intervalli temporali in cui la strumentazione Pen3Meteo ha registrato in continuo.

I grafici (compreso quello di figura 12) mostrano per i periodi di acquisizione, il diradarsi della molestia dopo l'entrata in funzione, a fine marzo 2017, del sistema di abbattimento odori dell'azienda Sandoz IP (oggi Suanfarma S.p.A), pur non essendo mancati momenti in cui il fastidio era tornato a crescere, come tra fine ottobre e fine dicembre 2017 (pallini gialli nel grafico di figura 3). Con l'inizio del 2018 gli eventi si sono rarefatti con sporadici episodi intensi che sono diventati sempre più rari fino al 2020, anno in cui si è invece notato un certo incremento pur senza arrivare mai alla situazione di forti e frequenti emissioni dei primi anni di monitoraggio.

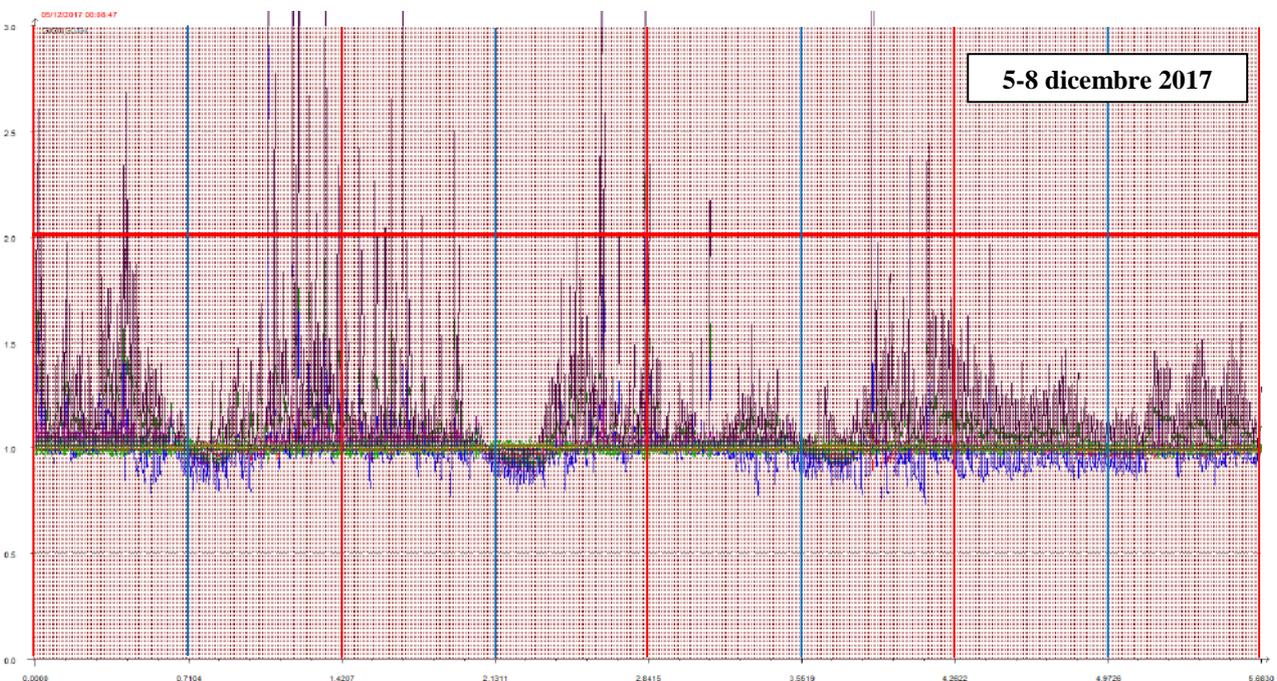
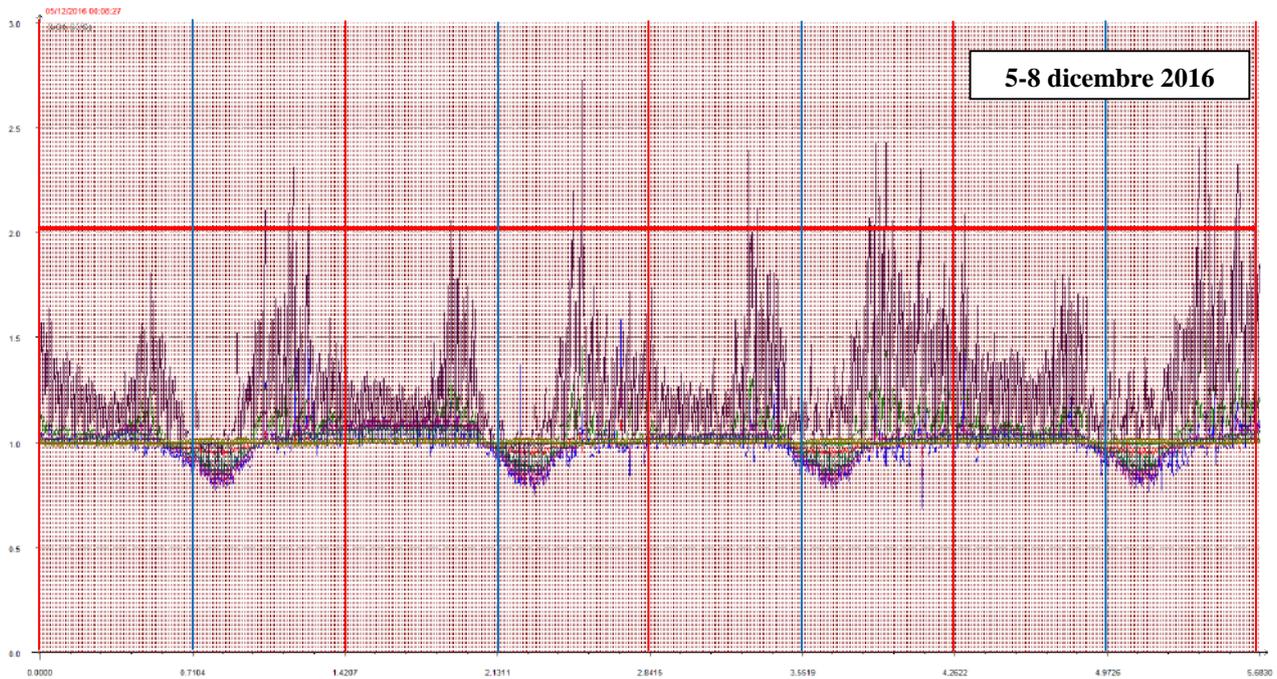
Nel corso del 2023 sono stati registrati dalla strumentazione 88 casi con odori al di sopra della soglia relativa 2, con una frequenza decisamente maggiore tra settembre (18 episodi) e ottobre (28 episodi). Questa soglia è stata ritenuta significativa e rappresentativa di condizioni di sicura molestia, ciò non di meno si ravvisa, stando alle segnalazioni dei nasi umani, che da quando le condizioni medie dell'aria sono migliorate, già in condizioni di zaffate di intensità relativa misurata attorno a 1,5 l'odore risulta essere avvertibile (in base alla scala convenzionale di intensità percepita) e in alcuni casi molesto.

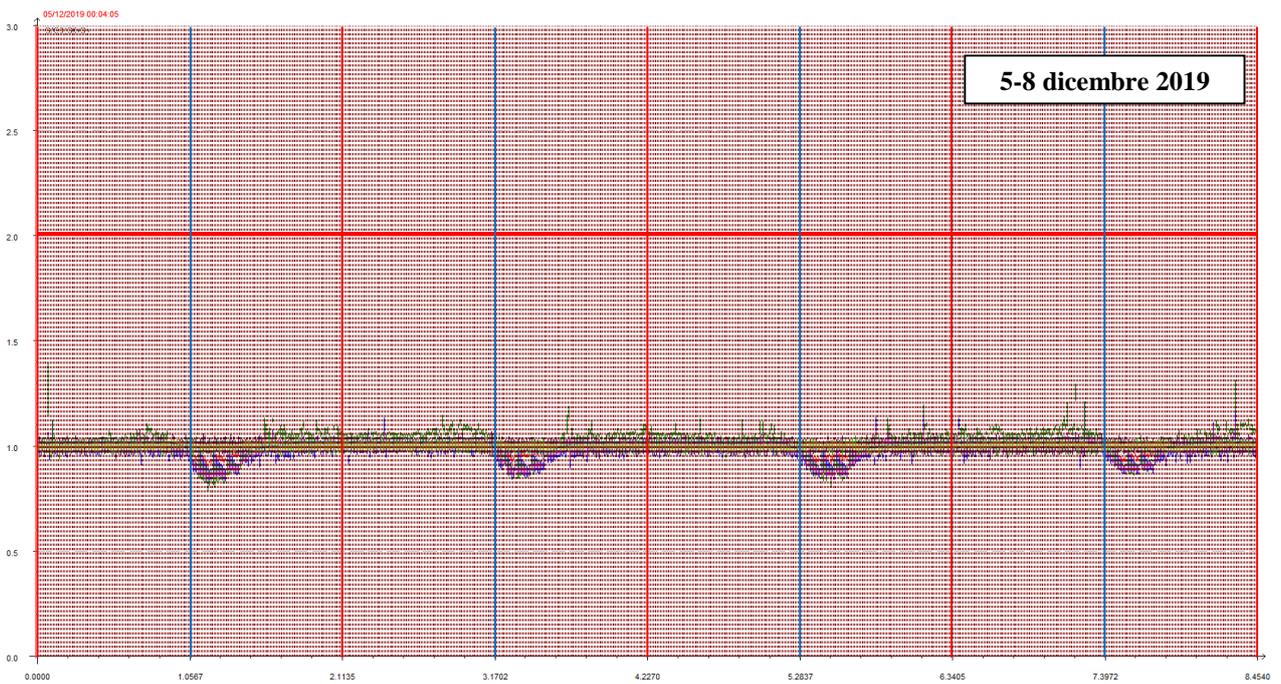
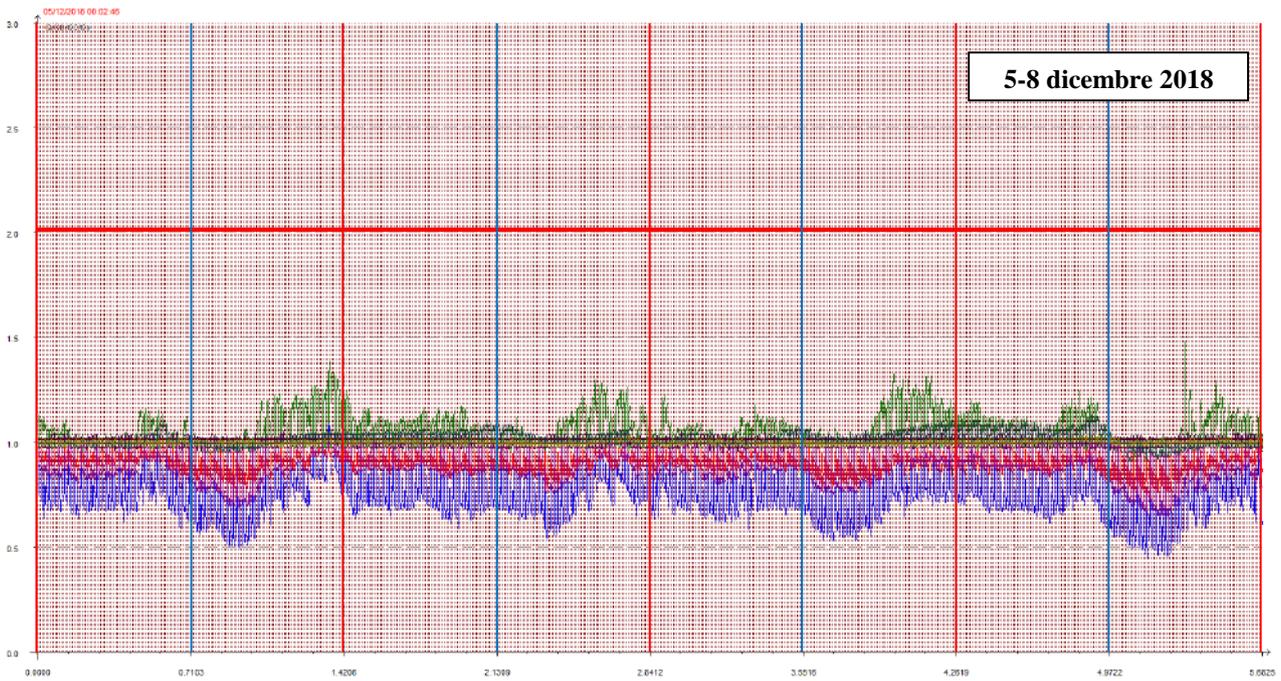
È doveroso ricordare che nulla si può dire dei momenti in cui il naso elettronico non è stato operativo, o per manutenzione o per problemi tecnici, i cui intervalli temporali sono facilmente individuabili nel grafico di figura 9 dove le frecce orizzontali sull'asse delle ascisse sono interrotte.

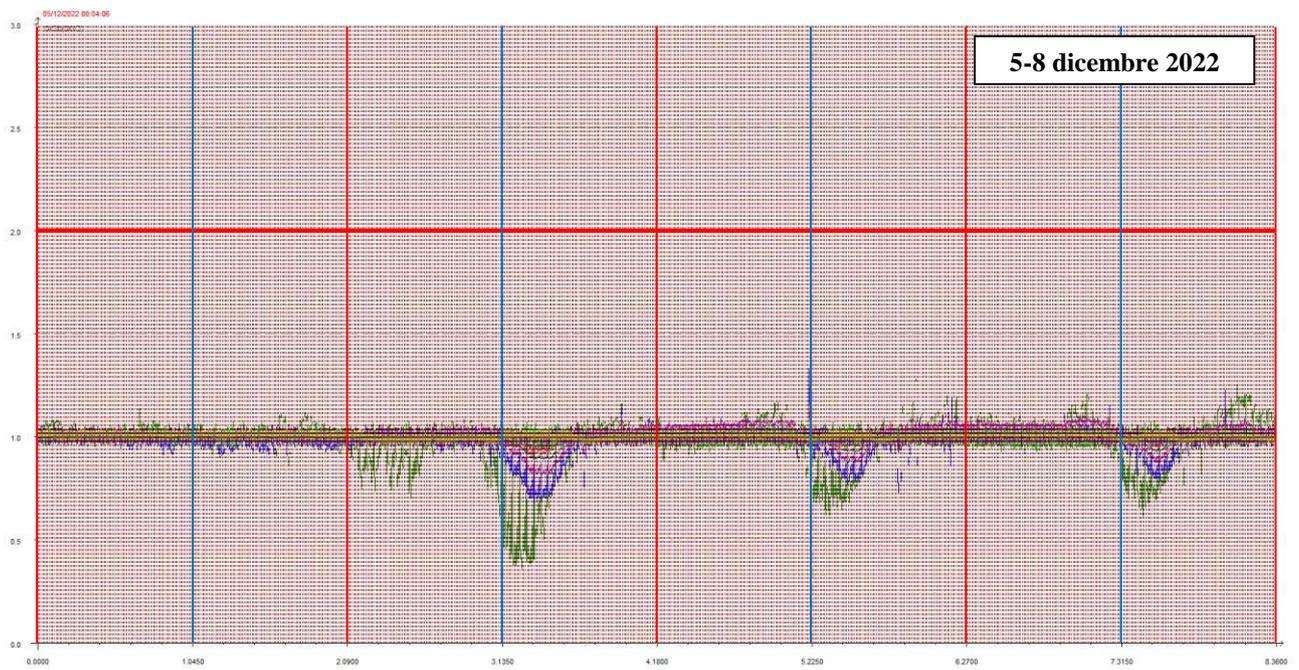
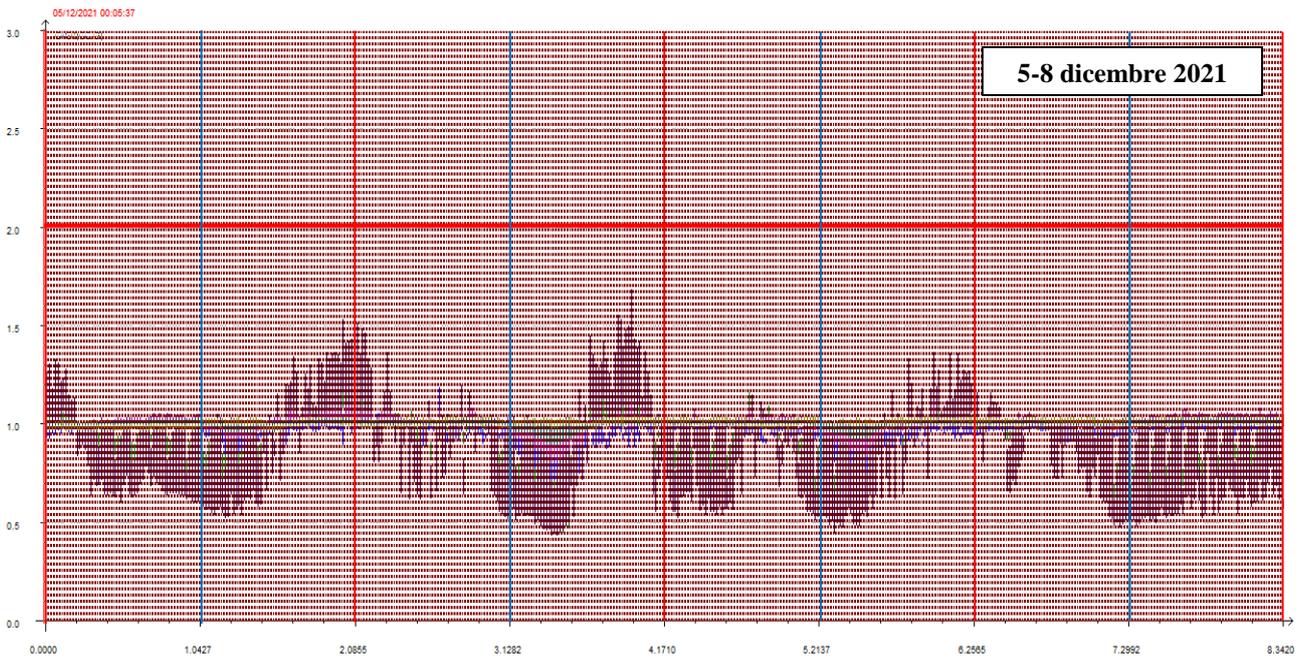
Si riporta di seguito un confronto fra le misurazioni degli odori (fig. 10) in cinque analoghe finestre temporali nelle giornate dal 5 all'8 dicembre degli anni che vanno dal 2016 al 2023, quale esempio di quanto la situazione in termini di odore nella zona indagata sia molto migliorata negli ultimi anni². Anche se si tratta di intervalli di pochi giorni questi possono essere presi come rappresentativi di

² Nell'ultima parte dell'anno 2020 (novembre e dicembre) è stata riscontrata un'anomalia nel sistema di acquisizione dei dati del naso elettronico e quindi le misure sono state scartate; perciò in figura 10 non è riportato il grafico relativo al periodo 5-8 dicembre 2020.

finestre temporali più ampie, come supportato in larga parte anche dalle segnalazioni dei nasi umani (figg. 13 e 14), oltre che dalle rilevazioni elettroniche delle intensità di odore sintetizzate nei grafici delle figure da 2 a 9 e nella figura 12.







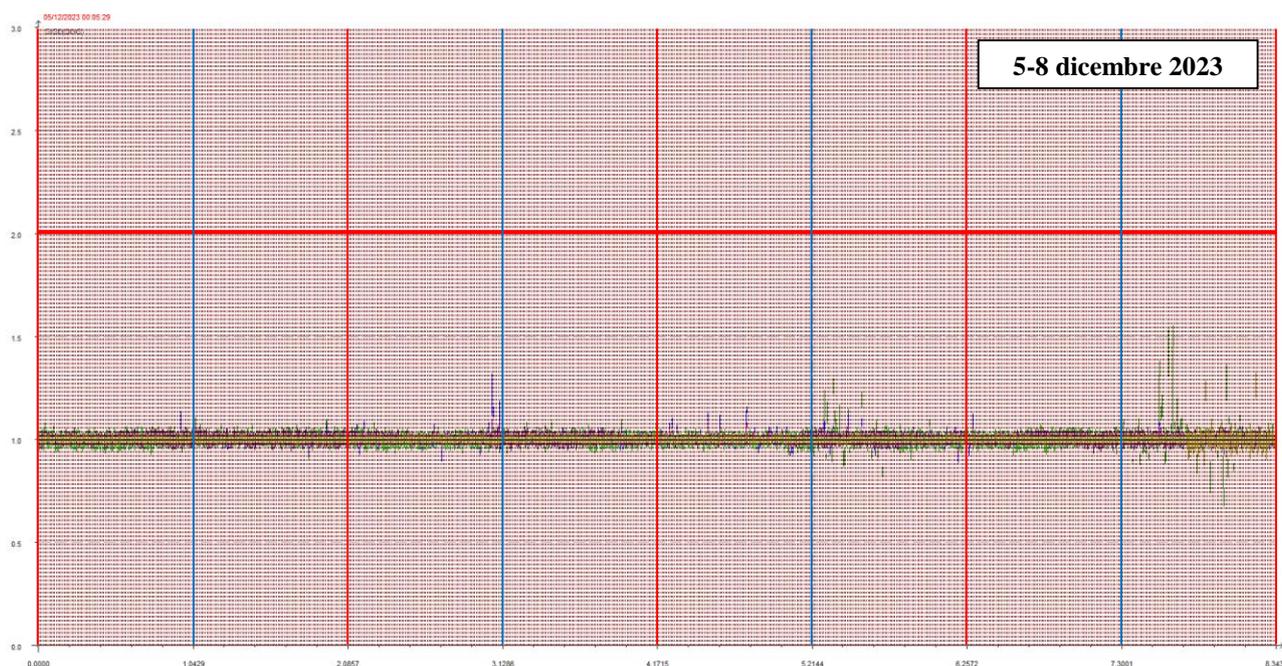


Fig. 10. A confronto, a titolo di esempio, i sei grafici relativi agli anni che vanno dal 2016 al 2023 (escluso il 2020) dell'intensità relativa di odore registrata dal naso elettronico nei medesimi giorni, ossia dal 5 all'8 dicembre³.

Guardando infine al complesso dei dati rilevati nel corso del 2023 si riconosce una certa ciclicità giornaliera, a volte più evidente a volte meno, nell'intensità relativa dell'odore, forse dovuta alle attività industriali limitrofe, che però disegna un andamento caratterizzato da valori che sono solitamente al di sotto della soglia di percezione.

Rete dei cittadini segnalatori (nasi umani)

Ad oggi la rete di "nasi umani" consta di cinque collaboratori che inviano puntualmente le loro segnalazioni alla Fondazione MCR, nella scheda appositamente confezionata (in linea con quelle normalmente usate per questo tipo di indagini) per gli odori molesti percepiti.

Come per il passato si sono prese in considerazione anche le eventuali comunicazioni pervenute alla Fondazione MCR per tramite dell'Ufficio Ambiente del Comune di Rovereto sebbene, nel corso dell'anno, non siano giunte altre informazioni puntuali oltre a quelle dei collaboratori sopra detti (tab. 1).

Nel corso del 2023 le finestre temporali comprendenti le comunicazioni dei nasi umani sono sempre state interessate anche dalle registrazioni in continuo del naso elettronico.

In totale nel 2023 si sono avute 74 comunicazioni da parte dei cittadini collaboratori. Dal grafico di figura 11 è possibile notare come quest'anno sia stato avvertito un maggiore fastidio nei mesi a cavallo tra l'estate e l'autunno ossia da agosto a ottobre, dove si sono concentrate circa i due terzi delle segnalazioni. Fastidio che è stato decisamente meno intenso nei mesi precedenti e in quelli

³ Per la lettura dei grafici: la linea rossa orizzontale sta a indicare la soglia di intensità relativa pari a 2, questa soglia è stata ritenuta significativa e rappresentativa di condizioni di sicura molestia; le linee rosse verticali stanno a indicare la mezzanotte di ogni giornata mentre le linee azzurre verticali indicano il mezzogiorno.

successivi. Alla luce di questi dati, l'anno 2023 risulta essere stato sensibilmente peggiore rispetto non solo al 2022, ma pure al 2021, anche se con frequenze ben lontane da quelle dei precedenti anni di monitoraggio dal 2016 al 2020, dove i numeri forniti dai cittadini erano da due a tre volte superiori (fig. 13).

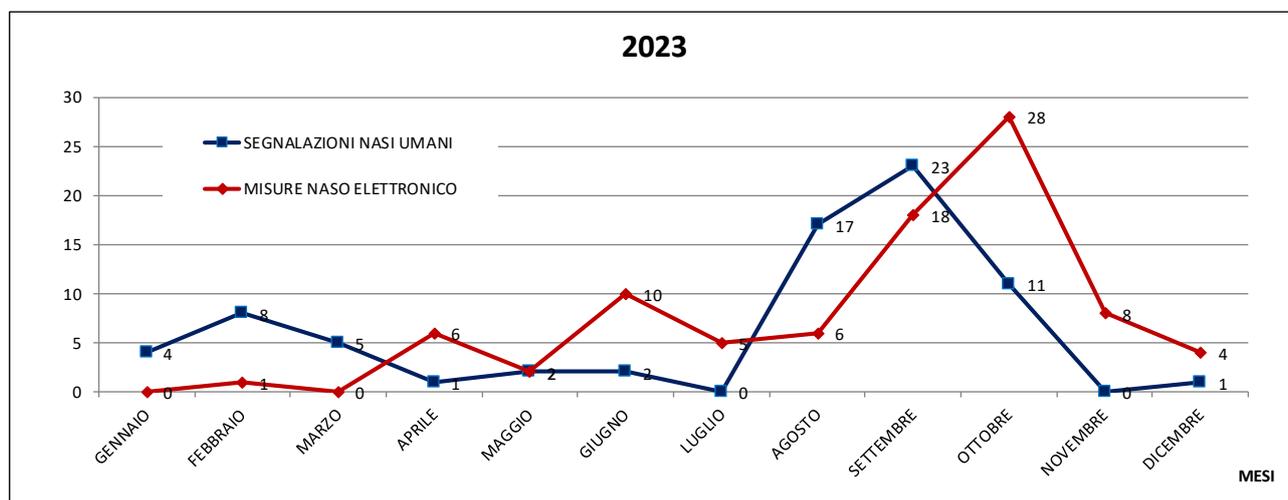


Fig. 11. Grafico della frequenza delle segnalazioni di odori molesti dei cittadini di Lizzana (e dintorni) coinvolti nel progetto di monitoraggio ambientale per ogni mese del 2023, a confronto con le misurazioni di intensità relativa di odore (maggiore di 2) effettuate dal naso elettronico.

Legenda segnalatori

Legenda intensità odore

ID segnalatore	INDIRIZZO
4	Via Pederzini
6	Via Caproni
8	Via Don Brachetti
10	Via Grandi
11	Corso Verona

1	percepibile /distinguibile
2	forte
3	molto forte
4	fortissimo

Data	ID	ora iniziale	ora finale	intensità odore	Note
12/01/2023	11	11:00	13:00	4	
24/01/2023	10	14:00	15:30	1	Nelle giornate del 24,25,26 verso le ore 14 fino alle 15.30 zaffate odorigene di fogna non forti+
25/01/2023	10	14:00	15:30	1	
26/01/2023	10	14:00	15:30	1	
03/02/2023	10	14:30		1	Nei giorni 3-6-7 febbraio verso le 14.30 qualche zaffata lieve di odore
06/02/2023	10	14:30		1	

06/02/2023	11	18:00	20:00	2	Puzza di marcio ++
07/02/2023	10	14:30		1	
16/02/2023	4			2	Tutto il giorno puzza
22/02/2023	4	14:00		2	Sereno, vento S/N
23/02/2023	11	11:00	13:00	3	Puzza di plastica bruciata +++
27/02/2023	11	12:00	14:00	2	Puzza di marcio ++
02/03/2023	4			2	Tutto il giorno puzza
07/03/2023	4	13:30		2	
10/03/2023	4	13:00		2	
10/03/2023	4	22:00		2	
20/03/2023	4	16:00		2	Pomeriggio forte odore di concime organico; dopo le 16:00 zaffate ++; vento s/n
27/04/2023	4	12:00	14:00	2	Sereno
03/05/2023	6	14.00	18.30	2	Puzza di fogna
14/05/2023	4	pomeriggio		1	Sereno
25/06/2023	10	11:30	12:00	1	Zaffate di odori di sostanze chimiche.
29/06/2023	4	15:30	16:00	1	Assente fino al 20 giugno
03/08/2023	4	10:00		3	Sereno
04/08/2023	4	pomeriggio		3	Coperto
05/08/2023	4	mattino	11:00	2	Zaffate; nuvoloso/pioggia
10/08/2023	4	07:00	08:00	3	Sereno
11/08/2023	4	11:30	17:00	2	Zaffate; sereno
12/08/2023	4	13:30		3	Zaffate; sereno
14/08/2023	4	tutto il dì		3	h. 16 forti zaffate; sereno
17/08/2023	4	14:20		2	Sereno
18/08/2023	4	16:00		3	Zaffate; sereno
19/08/2023	4	pomeriggio			Fino a sera puzza; sereno
20/08/2023	4	17:00			Fino a sera zaffate; sereno
24/08/2023	4	pomeriggio		2	Zaffate; sereno
25/08/2023	4	19:00		3	Sereno
25/08/2023	10	11:30	14:00	2	Zaffate sost. Chimiche
26/08/2023	10	12:00	14:00	3	Fogna
27/08/2023	4	11:00		3	Fortissime zaffate; coperto
28/08/2023	10	12:00	13:00	2	Sost chimiche
05/09/2023	10	11:45	14:00	3	Fogna e sost. Chimiche; tempo bello
10/09/2023	4	16:00		3	Sereno
11/09/2023	4	17:00	in poi	4	Sereno
12/09/2023	4	14:00		3	Fortissima puzza; sereno
12/09/2023	4	16:00	in poi	4	Puzzo insopportabile; sereno
13/09/2023	10	12:10	13:00	1	Sost. Chimiche; tempo bello
13/09/2023	4	20:00		3	Sereno/coperto

14/09/2023	4	15:30	in poi	2	Zaffate; sereno/variabile
14/09/2023	4	17:30		2	Odore acuto; sereno/variabile
15/09/2023	4	16:30		3	Variabile
17/09/2023	4	08:45	in poi	2	Puzza; variabile
17/09/2023	10	13:30		2	Sost. Chimiche; tempo bello
17/09/2023	4	13:50	in poi	3	Forti zaffate; variabile
18/09/2023	4	18:00		2	Puzza; pioviggina
20/09/2023	4	14:45		3	Puzza; sereno
20/09/2023	4	17:45		3	Forti zaffate; sereno
22/09/2023	4	16:00		3	Sereno
23/09/2023	4	17:40		2	Puzza; coperto
24/09/2023	4	18:00		3	Sereno
25/09/2023	4	mattino		3	Sereno
25/09/2023	4	16:50		3	Forti zaffate; sereno
28/09/2023	4	16:30		3	Forti zaffate acri; sereno
29/09/2023	4	15:30		3	Sereno
02/10/2023	6	17.00	18.30	2	Puzza di fogna
03/10/2023	4	17:20		3	Zaffate acri fortissime; sereno
05/10/2023	6	13.30	16.30	2	Puzza di fogna
06/10/2023	4	13:57		4	Zaffate; sereno
06/10/2023	4	16:30		4	Puzza forte; sereno
07/10/2023	4	16:00		4	Puzza acida; sereno
12/10/2023	4	14:20		3	Zaffate; sereno
13/10/2023	4	14:30		3	Puzza; sereno
25/10/2023	4	pomeriggio		3	Zaffate; sereno ventilato
27/10/2023	4	16:00		3	Forte puzza; sereno
28/10/2023	10	15:30	16:30	2	Zaffate; odori di fogna
20/12/2023	11	12:00	16:00	3	Pesante odore di marcio

Tab. 1. Elenco delle segnalazioni dei nasi umani da gennaio a dicembre 2023.

Confronto tra nasi umani e naso elettronico

Da luglio a dicembre 2023 il monitoraggio della qualità dell'aria in termini di molestia odorigena è stato svolto dalla strumentazione Pen3Meteo in modo continuo (fig. 9).

Nel corso di questo periodo di tempo ha rilevato ben 69 episodi (principalmente a carattere di zaffata ma non solo) sopra la soglia di intensità relativa pari a 2, di questi però solo una minima parte è stata percepita anche dai nasi umani (6 casi), nonostante alcuni eventi fossero di valore abbastanza elevato e in orari diurni. Le segnalazioni di odore molesto comunicate dai cittadini di Lizzana e dintorni, in tale semestre, sono state invece 52.

Il numero degli eventi sopra soglia rilevati invece dalla macchina in tutto il 2023 (fig. 12) è quasi comparabile a quello delle indicazioni dei nasi umani (fig. 13), rispettivamente 88 contro 74 casi. La

frequenza delle segnalazioni sia da parte dello strumento sia da parte dei collaboratori, dal 2018 a oggi è stata costantemente di molto inferiore ai primi due anni di monitoraggio (2016 e 2017). Fa eccezione l'anno 2020, durante il quale i cittadini che collaborano al monitoraggio avevano rilevato una quantità di episodi molto più elevata rispetto sia agli anni 2018 e 2019 sia agli ultimi tre anni. Il naso elettronico invece ha mantenuto una certa costanza di rilievo dal 2018 in poi, evidenziando una quantità di episodi intensi sempre piuttosto contenuta rispetto al 2016 e al 2017 (figg. 12, 13 e 14). Nel corso del 2023 solo 6 segnalazioni dei nasi umani hanno trovato una corrispondenza certa con i rilievi del naso elettronico nonostante la forte intensità di alcune misurazioni effettuate dallo strumento non percepite dai collaboratori, quindi come al solito, si riscontra una bassa corrispondenza tra analisi strumentali e segnalazioni umane. Il discorso è analogo per quanto riguarda le corrispondenze tra gli episodi raccolti all'interno dell'insieme dei nasi umani, infatti un solo evento odorigeno è stato rilevato contemporaneamente da almeno due cittadini (il giorno 17 settembre) e questo significa che la gran parte degli episodi individuati dalla strumentazione e dalla popolazione non trovano un riscontro gli uni con gli altri.

La differenza all'interno dell'insieme delle segnalazioni umane potrebbe essere legata al fatto che dal marzo del 2017, da quando cioè Sandoz ID ha installato il sistema di abbattimento odori, il tipo di effluvi ha cambiato caratteristiche, diventando principalmente a carattere di zaffata e con una dispersione sul territorio molto più incanalata e ristretta. Questo potrebbe far sì che un recettore dislocato in un certo luogo possa percepire un odore che invece un altro, spostato di poche decine di metri dal primo, non potrà recepire. L'odore risulta localizzato lungo precise fasce di territorio o piccole zone, ragionevolmente funzione della distribuzione e geometria (in pianta e in alzato) degli edifici e del regime dei venti del momento. Se l'assetto urbanistico rappresenta essenzialmente una costante, il regime dei venti è invece rapidamente variabile e quindi le zone interessate dalla molestia cambiano a seconda delle condizioni meteoriche. Questo fenomeno potrebbe così portare le esalazioni, per un certo periodo di tempo, lungo una determinata fascia del territorio (percepibile ad esempio da un cittadino A) e, in un momento successivo, al variare della direzione del vento, portare l'aria maleodorante in un'altra area (che potrebbe essere rilevata da un altro cittadino B), in una zona e in una fascia oraria diverse dalle precedenti.

In ogni caso le osservazioni effettuate dal gruppo di lavoro della Fondazione Museo Civico di Rovereto dal 2016 ad oggi, fanno ipotizzare che, con il miglioramento della qualità dell'aria in termini di odori, è probabilmente aumentata la sensibilità della popolazione e la capacità di discriminare effluvi meno intensi rispetto al passato.

Le differenze di percezione dei nasi umani rispetto al naso elettronico sono in parte da ricercarsi nelle stesse considerazioni fatte per le differenze riscontrate all'interno dell'insieme delle segnalazioni dei cittadini stessi. In parte, sono cioè legate al fatto che la macchina è dislocata in un punto ben preciso del territorio ed è quindi soggetta alle stesse problematiche viste in precedenza. I sopralluoghi svolti dal gruppo di lavoro della Fondazione MCR nel corso degli ultimi anni tra la zona industriale e l'abitato di Lizzana, hanno confermato come l'odore abbia una caratteristica distribuzione a macchia di leopardo e con forte variabilità, oltre che nello spazio, anche nel tempo.

Altro aspetto sarebbe legato alle proprietà degli episodi di disturbo che, come osservato, sembrano avere soprattutto il carattere di zaffate, brevi ma ripetute nel tempo. Questi eventi non possono essere rilevati se avvengono nel momento in cui la strumentazione sta procedendo alla pulizia dei sensori

che quindi rimangono invisibili alla macchina. Infatti, come spiegato nel paragrafo dedicato, su 400 secondi dell'intero ciclo di lavoro solo 100 sono di effettiva misurazione, i restanti sono di pulizia e servono per ripristinare i sensori. Questo processo determina, in parole povere, che la macchina ha una possibilità su quattro⁴ di intercettare gli episodi di breve durata, come quelli che si presentano in forma di zaffate.

Quindi, per disporre di un quadro della situazione significativo e rappresentativo della dispersione di odore rimane fondamentale ricevere, oltre ai dati strumentali (relativi ad una postazione fissa), anche le segnalazioni di una rete di nasi umani ben distribuita sul territorio in esame. Al momento risulta ancora scoperta la zona di Lizzana alta. I segnalatori sono infatti concentrati in zona industriale e fascia residenziale direttamente limitrofa (a valle della statale del Brennero), fatta eccezione per ID 8 e ID 11 che si trovano a Lizzanella.

Dai grafici riportati nelle figure 12, 13 e 14 è possibile infine ricavare un paio di indicazioni. In primo luogo, si può notare che dal 2018 in poi vi è stata una netta riduzione delle segnalazioni elettroniche, mentre quelle umane, pur avendo registrato una certa diminuzione, si sono attestate in percentuale, su valori meno bassi⁵ (inoltre nel 2020, hanno fatto registrare un forte incremento a fronte di un minimo aumento registrato dal naso elettronico).

In secondo luogo si può notare come la quantità degli eventi odorigeni segnalati dai cittadini negli ultimi anni sia stata generalmente meno elevata nel periodo invernale. Tale caratteristica sembra essere confermata, anche se in modo meno marcato, pure dalle misurazioni della macchina, ad eccezione però delle rilevazioni effettuate nel 2022, quando a gennaio vi è stata invece una serie episodi intensi piuttosto elevata che, considerando solo i dati della strumentazione, lo avrebbero reso all'opposto, il mese più problematico (fig. 14).

Altra osservazione degna di nota e che sembra rendere ragione di un netto miglioramento rispetto ai primi anni, riguarda l'anno di inizio del monitoraggio, ossia il 2016. Se infatti si esaminano le rilevazioni, sia elettroniche che umane per quell'anno, si può notare che, pur essendo cominciate solamente tra maggio e luglio, queste hanno fornito una quantità di misure e segnalazioni, in pochi mesi, decisamente superiori a quella di tutti gli anni successivi (figg. 12 e 13).

Da notare come la maggior parte degli eventi odorosi, 51, sia stato segnalato dalla cittadinanza nei tre mesi da agosto a ottobre mentre solo 23 sono riportati nei restanti.

Si è riscontrato così, anche nel 2023, il fenomeno che si verifica ogni anno, in cui, a periodi di (relativa) bassa molestia odorosa, si alternano momenti di recrudescenza del fastidio. Negli ultimi anni gli intervalli problematici sono diventati più brevi dei precedenti, arrivando a durare circa due tre mesi. Quest'anno l'andamento delle molestie fotografato dalle segnalazioni umane è stato confermato anche dalle rilevazioni strumentali, come è possibile osservare nei grafici delle figg. 12 e 14, fatto che, invece, non si era verificato negli anni precedenti. Quindi, anche se le corrispondenze puntuali tra naso elettronico e nasi umani sono state molto scarse, i trend degli episodi odorosi rilevati sono risultati invece molto coerenti.

⁴ Approssimando e semplificando molto il concetto.

⁵ Oltre alla già specificata ipotesi della maggiore sensibilità dei nasi umani, bisogna inoltre tenere conto che è solo da metà novembre del 2019 che i segnalatori umani sono stabilmente in numero di cinque, mentre prima di allora erano sempre stati due o tre (tranne che per il 2016 quando per qualche mese si erano avuti cinque collaboratori). Il numero maggiore o minore di segnalatori falsa quindi i risultati del confronto diretto tra le annate.

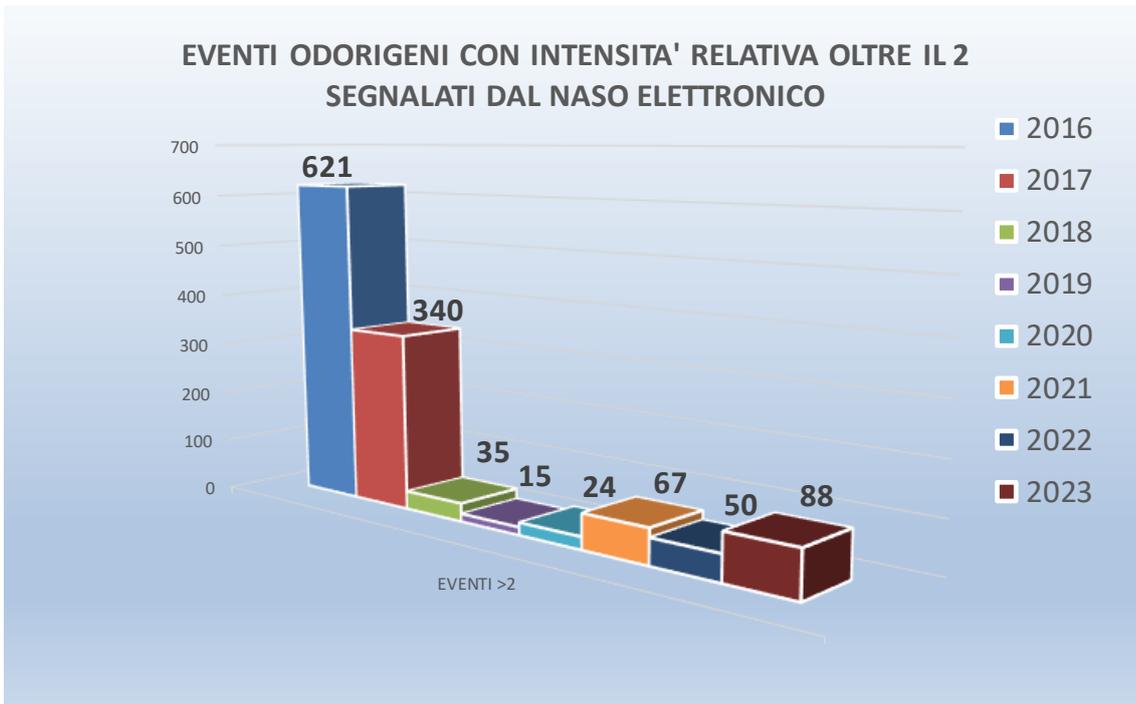


Fig. 12. Totale degli eventi odorigeni con intensità relativa superiore al 2 individuati dal naso elettronico dal 2016 al 2023.

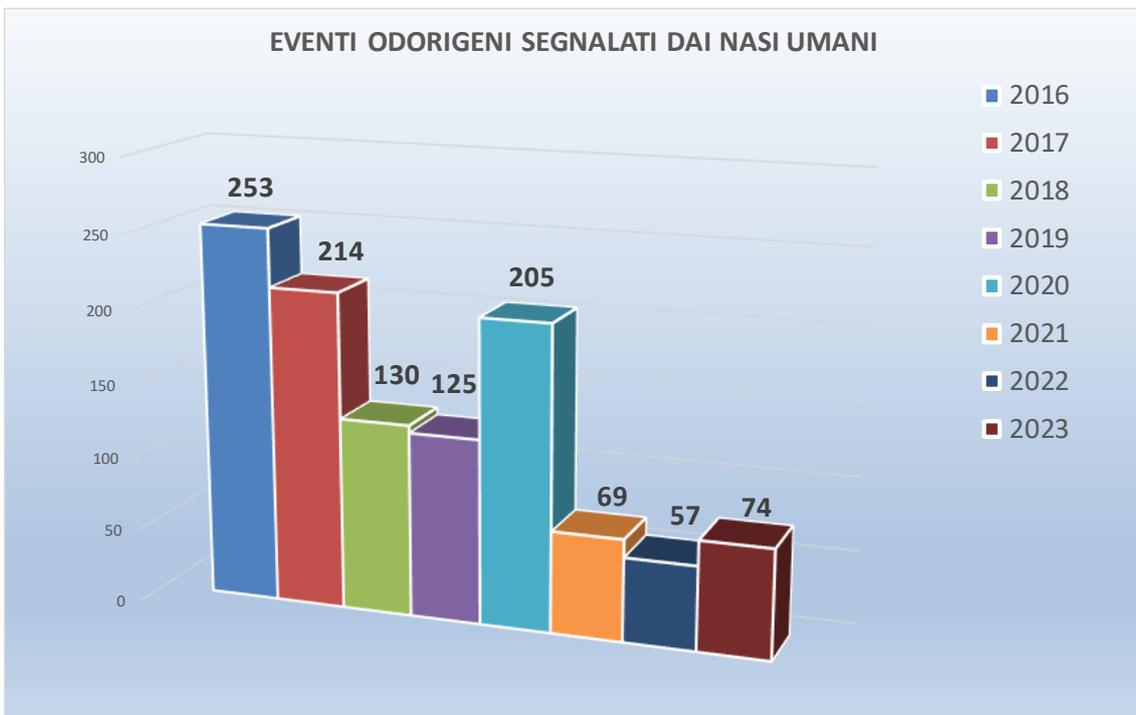
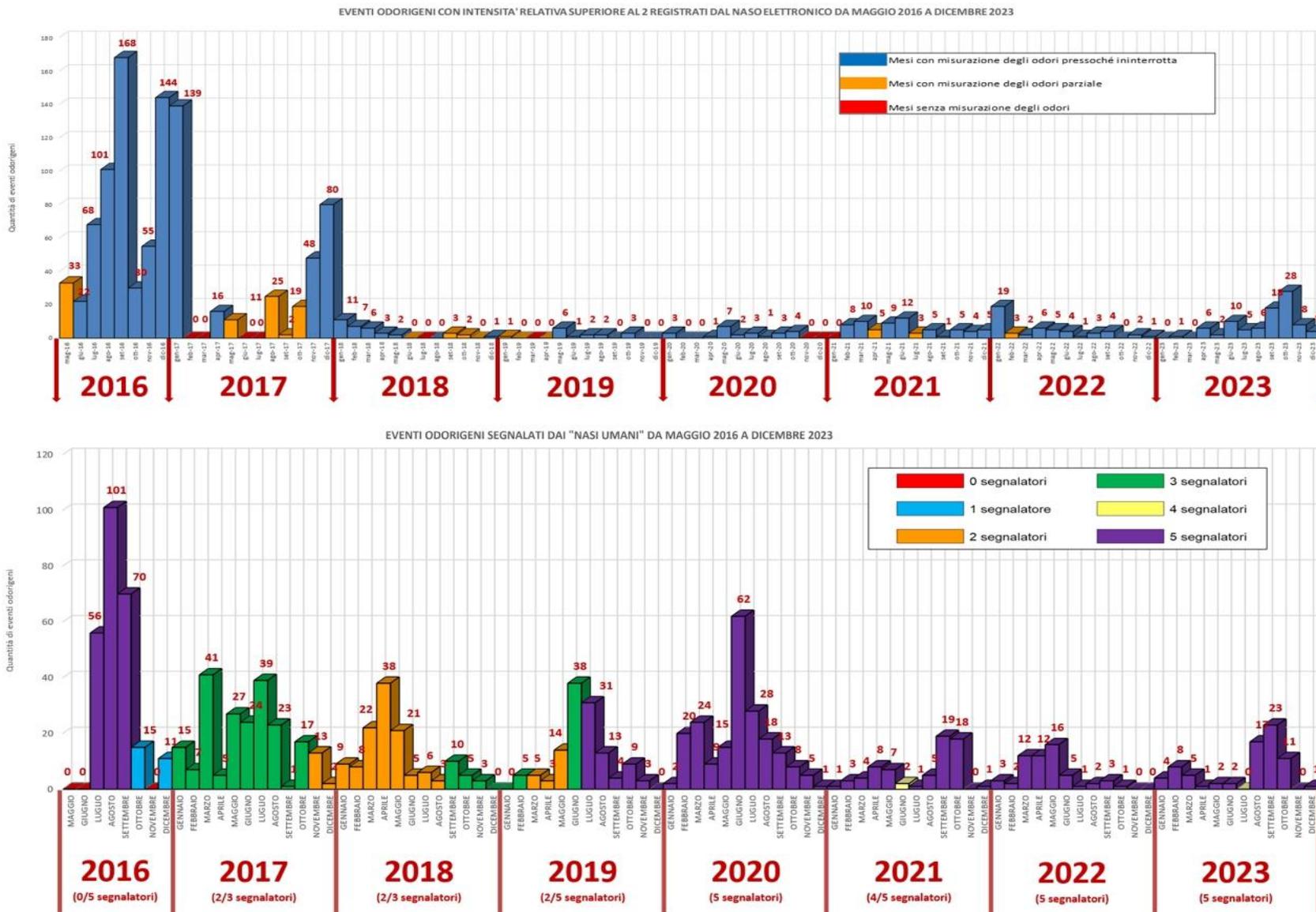


Fig. 13. Totale degli eventi odorigeni molesti segnalati dai nasi umani dal 2016 al 2023.



Naso elettronico: manutenzione, sopralluoghi e individuazione di nuove sorgenti odorigene

borgo santa caterina 41
38066 rovereto (tr) italia
tel. +39 0464 432930
fax +39 0464 439487
P.IVA e C.F. 02294770223
museo@fondazioneocr.it
www.fondazioneocr.it

Per il tipo di monitoraggio in corso, che può contare anche su una tecnica per il riconoscimento della sorgente in caso di evento molesto, è fondamentale l'aggiornamento periodico del database delle sorgenti odorigene, con eventuale ri-caratterizzazione delle stesse, eliminazione o aggiunta di nuove. Diviene dunque importante considerare le nuove realtà oltre a quelle esistenti dove la gestione dell'impianto ha subito o subirà modifiche rispetto alle condizioni finora considerate, contando sulla disponibilità delle aziende nel fornire informazioni agli uffici competenti del Comune. Il database delle sorgenti deve essere inteso come un'entità dinamica, che va aggiornata e ampliata, così come è dinamica la situazione della zona industriale di Rovereto o, in generale, della zona di influenza sotto monitoraggio.

Per tale motivo quest'anno sarebbe auspicabile una nuova campagna di acquisizione di campioni di aria dalle varie sorgenti della zona industriale che sono considerate potenzialmente odorigene al fine di aggiornare il pattern di confronto dello strumento e renderlo in grado di riconoscere la fonte a cui riferire un eventuale odore molesto.

Si ricorda inoltre che non è possibile misurare in continuo (come sta avvenendo attualmente) e al contempo analizzare nuove sorgenti; bisogna quindi sempre prevedere un programma di attività che alterni periodi dedicati al campionamento delle fonti odorigene⁶ a periodi di monitoraggio ambientale. Anche nel corso del 2023 è stato costante il controllo in remoto della strumentazione Pen3Meteo per verificare l'andamento delle misure e al contempo il corretto funzionamento della macchina (possibile in ogni momento per gli esperti del museo anche da smartphone).

⁶ Comunque molto brevi di due o tre giorni.

3. Monitoraggio della qualità dell'aria: inquinanti e polveri sottili

La qualità dell'aria, in termini di polveri e inquinanti (metalli pesanti), è stata saggiata nel corso del 2023 attraverso l'utilizzo della strumentazione per il campionamento delle polveri sottili disponibile sul laboratorio mobile comunale.

Rilevazione delle polveri sottili

Nel corso del 2023 sono state svolte tre campagne sporadiche di rilevazione delle polveri sottili, della durata di poco più di due settimane ciascuna nel cortile dell'IPRASE (Istituto Provinciale per la Ricerca e la Sperimentazione Educativa) a Rovereto, e una campagna di circa un mese in via Dante presso il civico 19.



Fig. 15. Mappa del territorio di Rovereto con indicati i luoghi di stazionamento del laboratorio mobile comunale nel corso del 2023 e quello della stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di APPA di via Manzoni.



Fig. 16. Mappa con indicati i luoghi di campionamento della stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di APPA di via Manzoni a Rovereto e del Monte Gaza (1600 m slm).

In tutti i periodi di misura si sono utilizzati filtri in microfibra di quarzo e nessuna testa di campionamento (es. PM 10 o PM 2.5) volendo raccogliere la totalità della polvere atmosferica (TSP ossia *Total Suspended Particulate*). Le doppie pesate dei filtri sono state effettuate dall'Unità Organizzativa Aria, Agenti Fisici e Bonifiche di APPA, per tramite del suo laboratorio, eseguendo il condizionamento e le pesate dei filtri prima e dopo la rilevazione. E' stato possibile compiere anche il paragone con la concentrazione di polveri sottili (PM10) rilevata, nelle medesime finestre temporali, dalla stazione presente a Rovereto presso i giardini di via Manzoni (nome identificativo della stazione: "Rovereto LGP") e quella presente sul Monte Gaza (in Valle dei Laghi a quota 1600 m slm), grazie ai dati messi a disposizione sul web da APPA al link: <https://bollettino.appa.tn.it/aria/>. In figura 15 sono indicati i luoghi di stazionamento del laboratorio mobile all'interno della zona a traffico limitato (ZTL) del centro di Rovereto. In particolare dal 16 al 31 maggio ha lavorato nel cortile dell'edificio IPRASE in una postazione prospiciente a via Roma, dal 1 al 16 giugno e poi dal 10 al 25 agosto ha campionato, sempre nel cortile IPRASE, ma in una zona al confine con via Tartarotti, mentre dal 26 settembre al 27 ottobre ha operato in via Dante in prossimità del civico 19. Come osservabile nelle figure 17, 19, 21 e 23, i confronti tra i dati raccolti dalla Fondazione MCR a Rovereto e quelli di APPA di via Manzoni e Monte Gaza (questi ultimi riferiti però alle sole PM10) hanno mostrato una buona concordanza nei trend, con valori di concentrazione spesso molto vicini tra loro, pur trattandosi di misure di polveri totali e non solamente di PM10. Nelle figure 18, 20, 22 e 24 sono riportati invece i confronti tra le misurazioni delle PM10 di APPA in via Manzoni e Monte

Gaza e i valori delle PM10 ricavati per via Roma, via Tartarotti e via Dante, ipotizzando che questi rappresentino il 50% del totale delle polveri (TSP).

Infatti Secondo l'EPA (*United States Environmental Protection Agency*) le PM10 sarebbero in media circa la metà delle polveri totali (TSP)⁷, anche se questo rapporto può variare molto sia giornalmente che a seconda del contesto indagato, potendo arrivare a valori sensibilmente superiori o minori.

In generale esiste una dipendenza dalle condizioni meteorologiche, date non solo dalla pioggia ma anche dalla direzione e velocità del vento, e dalla pressione.

Gli sporadici eventi meteorici che si sono verificati nel corso dei giorni di monitoraggio si sono ripercossi nella concentrazione delle polveri atmosferiche determinandone una certa diminuzione.

Di seguito l'andamento grafico (figg. 17-24) delle concentrazioni di particolato rilevate nelle varie sessioni di misura (espresso in microgrammi di polveri per metro cubo di aria) in relazione con gli eventi meteorici⁸.

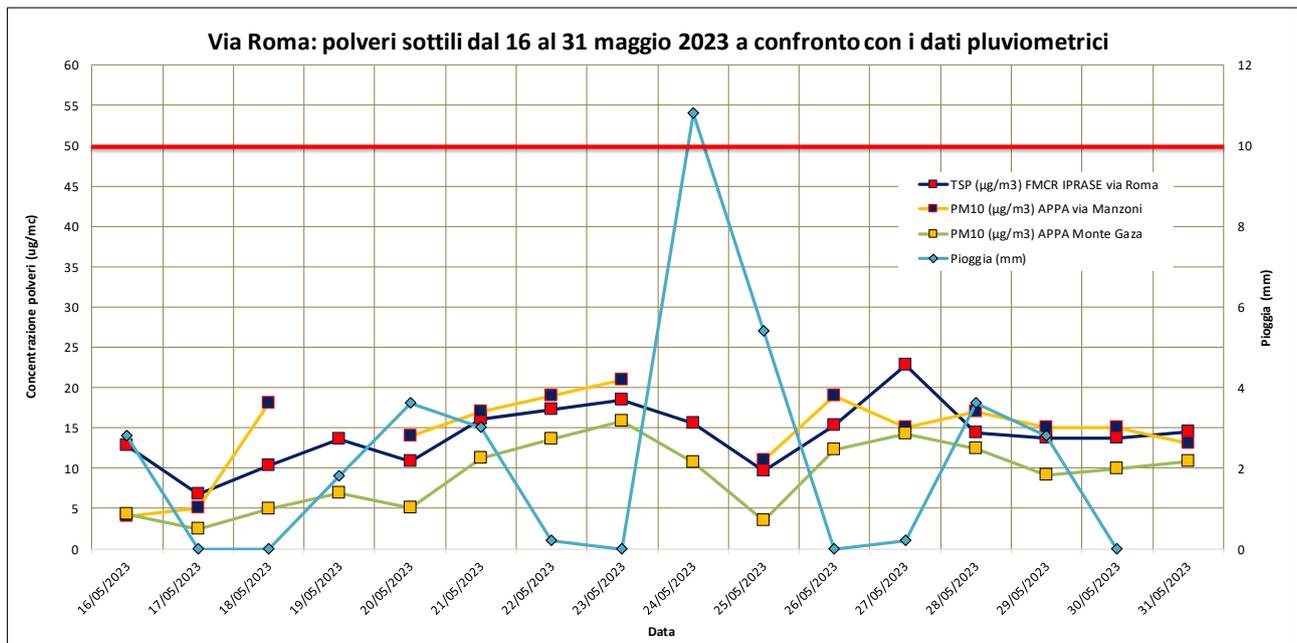


Fig. 17. Grafico delle rilevazioni giornaliere delle polveri totali (TSP) effettuate dalla strumentazione del Comune di Rovereto in via Roma a confronto con le rilevazioni di PM10 eseguite dalle centraline di APPA in via Manzoni e sul Monte Gaza (1600 m slm) tra il 16 e il 31 maggio 2023. La linea rossa in alto indica la concentrazione di 50 µg/m³ di PM10 da non superare sulle 24 h per più di 35 volte in un anno secondo la normativa (D.Lgs. 155/2010) per la protezione della salute umana.

⁷ “Network design and optimum site exposure criteria for particulate matter” EPA May 1987.

⁸ Dati stazione T0147 di Rovereto tratti dal sito di Meteotrentino al link: <http://storico.meteotrentino.it/web.htm>

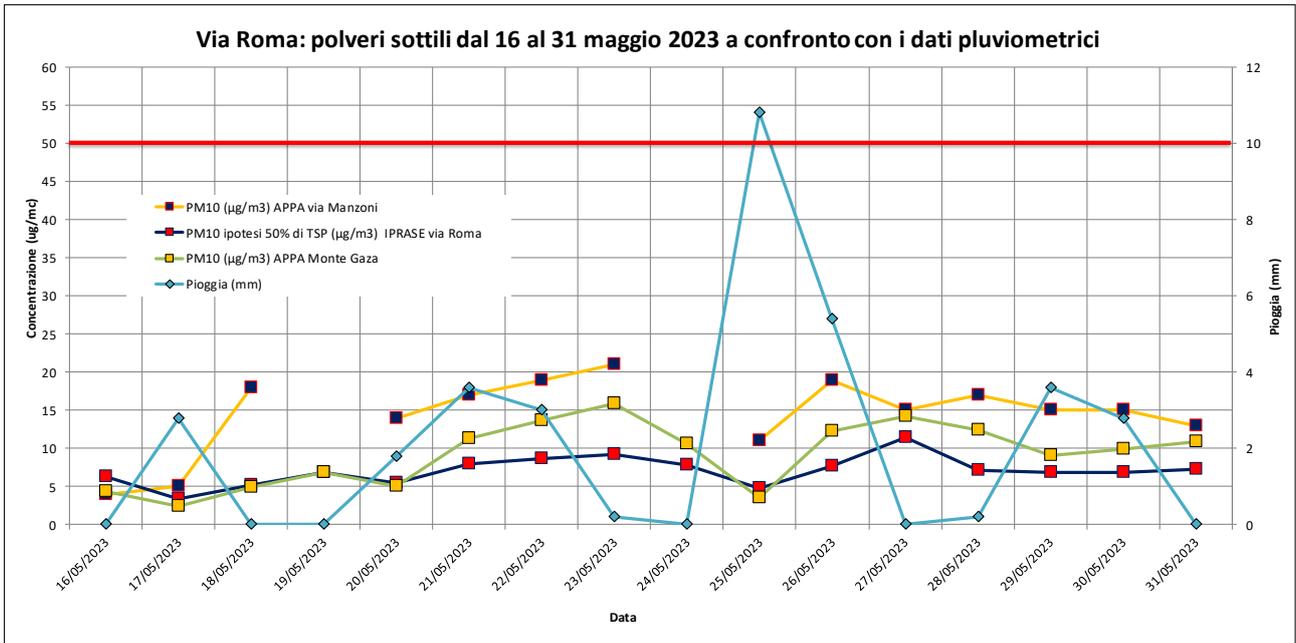


Fig. 18. Grafico delle ipotetiche quantità giornaliere di PM10 raccolte dalla strumentazione del Comune di Rovereto in via Roma (secondo l'EPA le quantità di PM10 rappresenterebbero circa il 50% delle TSP) a confronto con le rilevazioni di PM10 eseguite dalle centraline di APPA in via Manzoni e sul Monte Gaza (1600 m slm) tra il 16 e il 31 maggio 2023. La linea rossa in alto indica la concentrazione di 50 µg/m³ di PM10 da non superare sulle 24 h per più di 35 volte in un anno secondo la normativa (D.Lgs. 155/2010) per la protezione della salute umana.

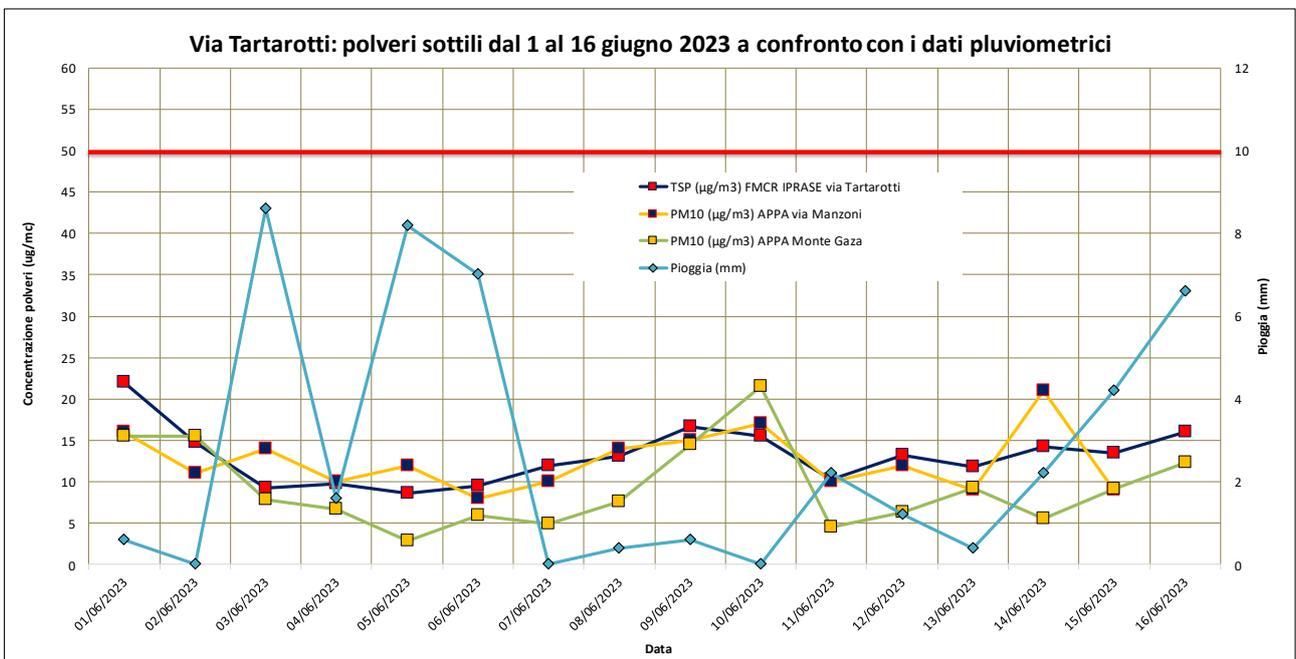


Fig. 19. Grafico delle rilevazioni giornaliere delle polveri totali (TSP) effettuate dalla strumentazione del Comune di Rovereto in via Tartarotti a confronto con le rilevazioni di PM10 eseguite dalle centraline di APPA in via Manzoni e sul Monte Gaza (1600 m slm) tra l'1 e il 16 giugno 2023. La linea rossa in alto indica la concentrazione di 50 µg/m³ di PM10 da non superare sulle 24 h per più di 35 volte in un anno, secondo la normativa (D.Lgs. 155/2010), per la protezione della salute umana.

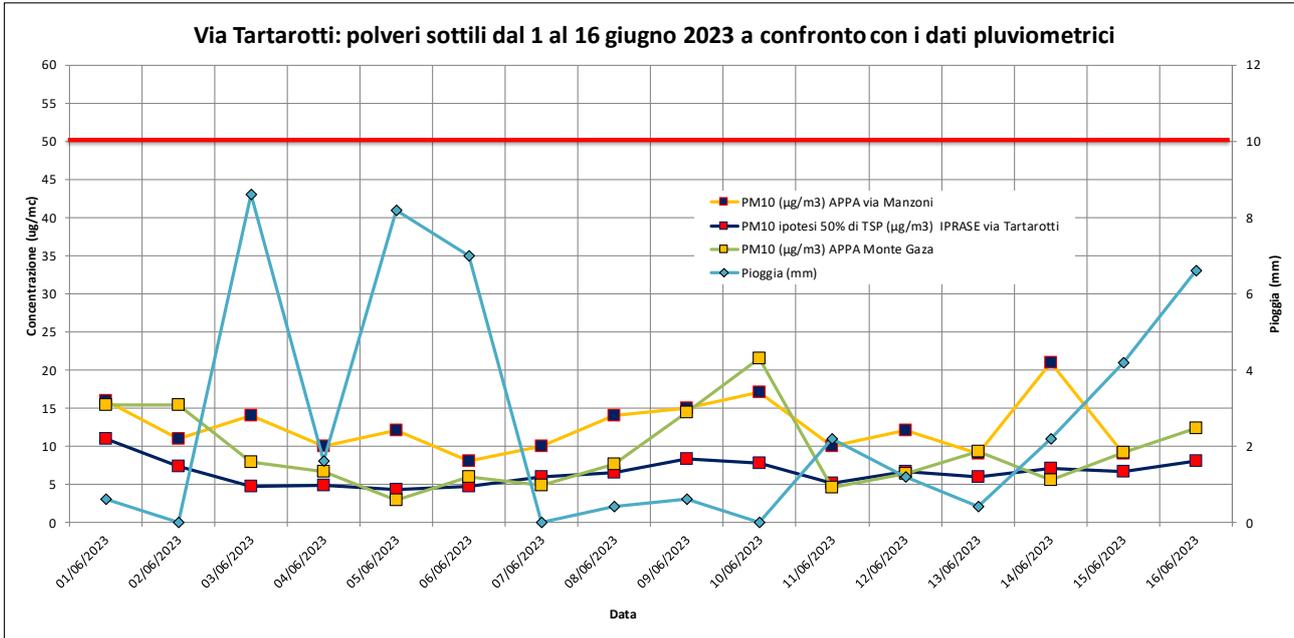


Fig. 20. Grafico delle ipotetiche quantità giornaliere di PM10 raccolte dalla strumentazione del Comune di Rovereto in via Tartarotti (secondo l'EPA le quantità di PM10 rappresenterebbero circa il 50% delle TSP) a confronto con le rilevazioni di PM10 eseguite dalle centraline di APPA in via Manzoni e sul Monte Gaza (1600 m slm) tra l'1 e il 16 giugno 2023. La linea rossa in alto indica la concentrazione di 50 µg/m³ di PM10 da non superare sulle 24 h per più di 35 volte in un anno, secondo la normativa (D.Lgs. 155/2010), per la protezione della salute umana.

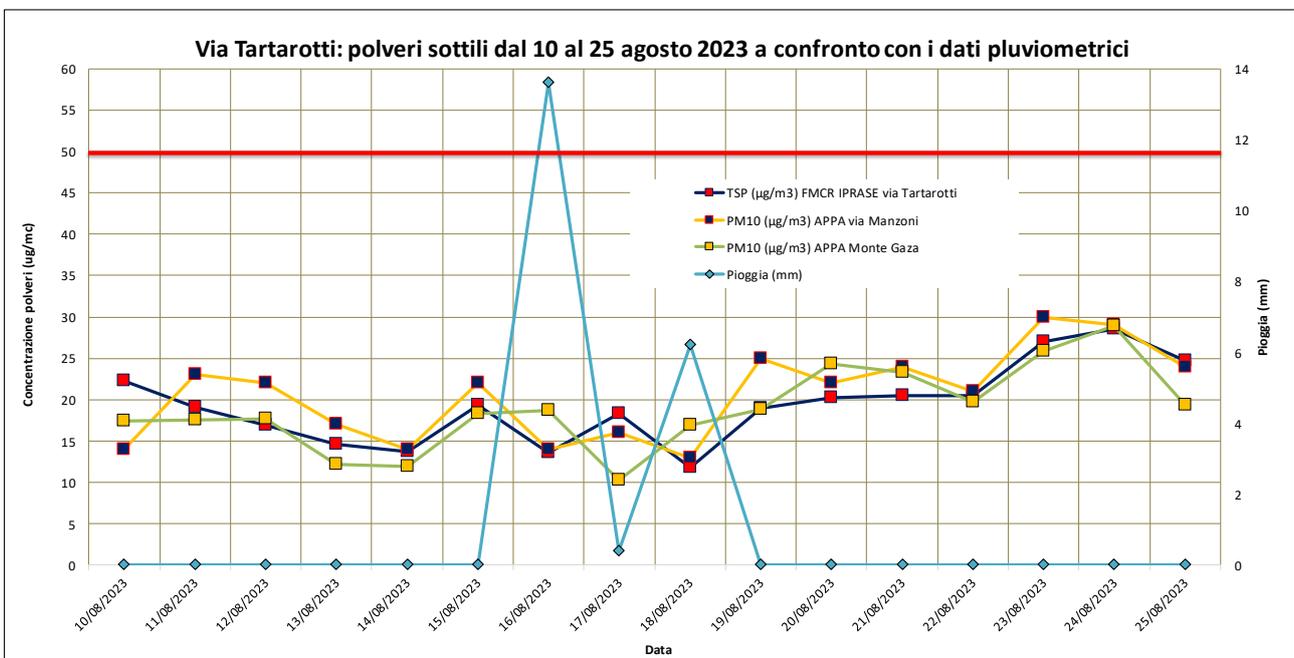


Fig. 21. Grafico delle rilevazioni giornaliere delle polveri totali (TSP) effettuate dalla strumentazione del Comune di Rovereto in via Tartarotti a confronto con le rilevazioni di PM10 eseguite dalle centraline di APPA in via Manzoni e sul Monte Gaza (1600 m slm) tra il 10 e il 25 agosto 2023. La linea rossa in alto indica la concentrazione di 50 µg/m³ di PM10 da non superare sulle 24 h per più di 35 volte in un anno, secondo la normativa (D.Lgs. 155/2010), per la protezione della salute umana.

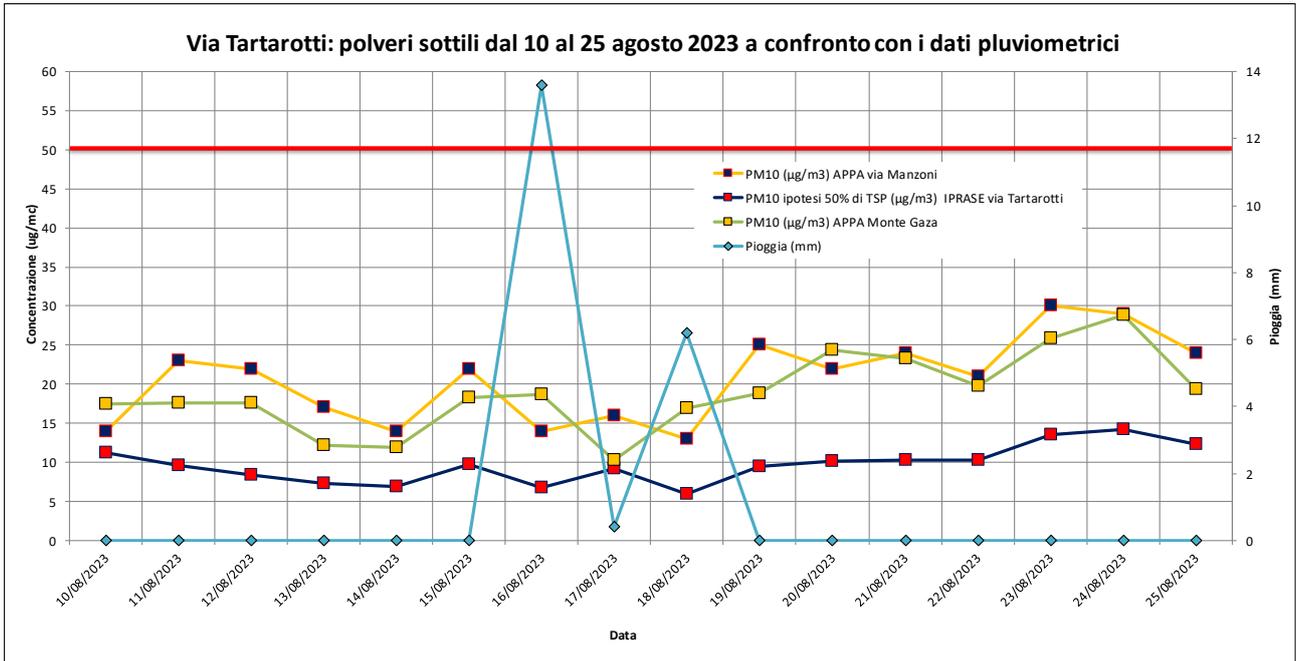


Fig. 22. Grafico delle ipotetiche quantità giornaliere di PM10 raccolte dalla strumentazione del Comune di Rovereto in via Tartarotti (secondo l'EPa le quantità di PM10 rappresenterebbero circa il 50% delle TSP) a confronto con le rilevazioni di PM10 eseguite dalla centralina di APPA in via Manzoni) tra il 10 e il 25 agosto 2023. La linea rossa in alto indica la concentrazione di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 da non superare sulle 24 h per più di 35 volte in un anno, secondo la normativa (D.Lgs. 155/2010), per la protezione della salute umana.

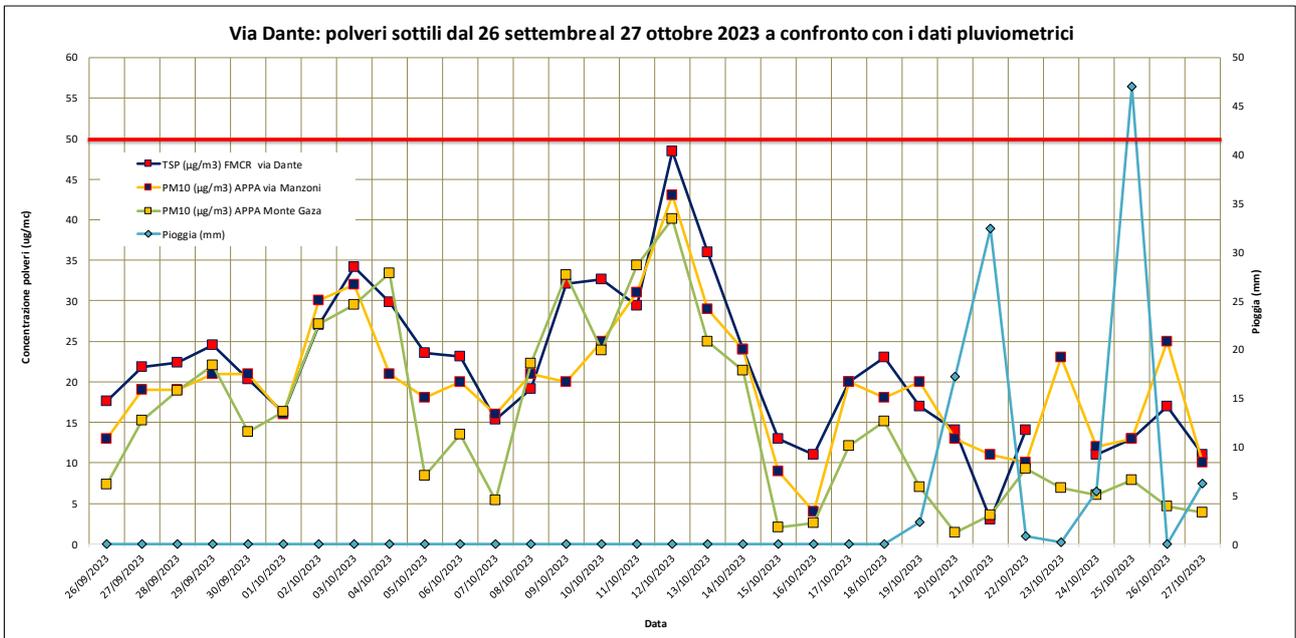


Fig. 23. Grafico delle rilevazioni giornaliere delle polveri totali (TSP) effettuate dalla strumentazione del Comune di Rovereto in via Dante a confronto con le rilevazioni di PM10 eseguite dalle centraline di APPA in via Manzoni e sul Monte Gaza (1600 m slm) tra il 26 settembre e il 27 ottobre 2023. La linea rossa in alto indica la concentrazione di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 da non superare sulle 24 h per più di 35 volte in un anno, secondo la normativa (D.Lgs. 155/2010), per la protezione della salute umana.

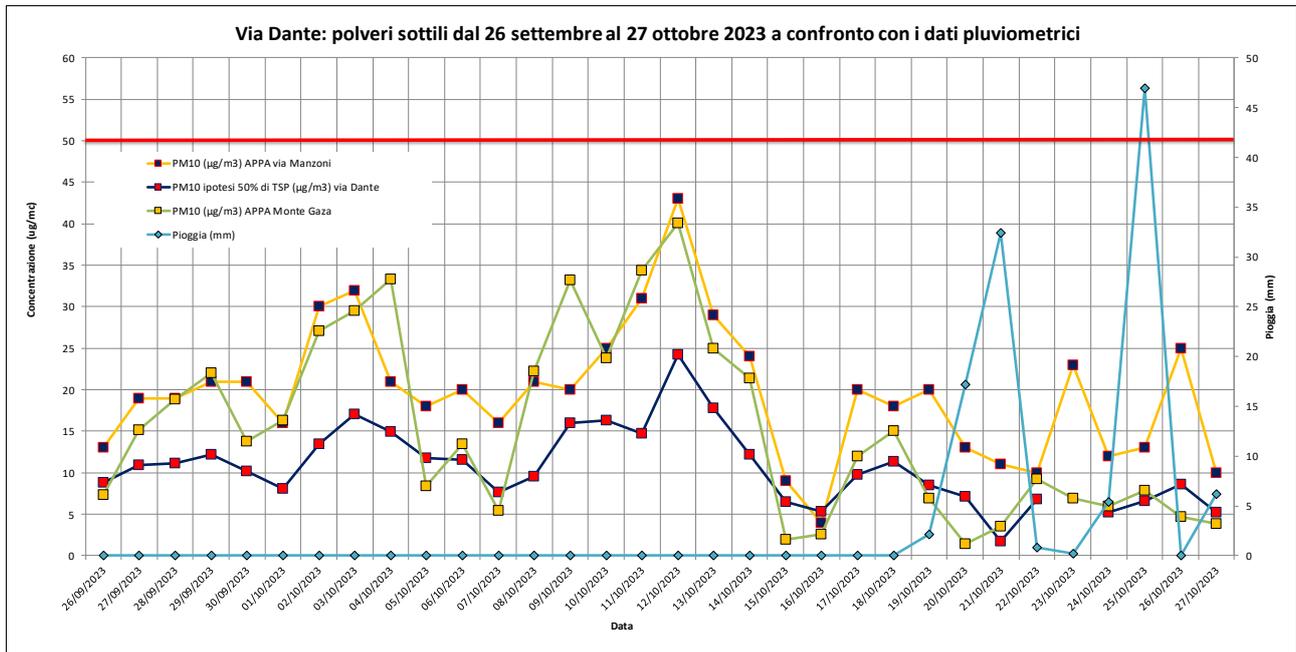


Fig. 24. Grafico delle ipotetiche quantità giornaliere di PM10 raccolte dalla strumentazione del Comune di Rovereto in via Dante (secondo l'EPA le quantità di PM10 rappresenterebbero circa il 50% delle TSP) a confronto con le rilevazioni di PM10 eseguite dalla centralina di APPA in via Manzoni e sul Monte Gaza (1600 m slm) tra il 26 settembre e il 27 ottobre 2023. La linea rossa in alto indica la concentrazione di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 da non superare sulle 24 h per più di 35 volte in un anno, secondo la normativa (D.Lgs. 155/2010), per la protezione della salute umana.

Il valore giornaliero medio di **polveri totali (TSP)**, rilevato nelle settimane di controllo in **via Roma** a maggio è stato di $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$, invece in **via Tartarotti** a giugno è stato di $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e ad agosto di $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre in **via Dante**, tra settembre e ottobre, è stato di $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La Norma (D.Lgs. 155/2010) indica come limiti da non superare per la frazione delle PM10 per la protezione della salute umana, i $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulle 24 h⁹, e i $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come valori medi annui.

Si noti che i valori delle polveri totali rilevate sono già ampiamente al di sotto delle concentrazioni di allarme riferite alle sole PM10 e che, quindi, le quantità di queste ultime saranno state ovviamente ancora più basse, forse, come già detto in precedenza, attorno al 50% in meno.

Sulla base di tale ipotesi è stato quindi possibile calcolare a grandi linee il valore di **concentrazione delle PM10** sulle varie strade nei rispettivi periodi di campionamento, determinando per **via Roma** un valore medio attorno ai $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, per **via Tartarotti** di circa $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre per **via Dante** di circa $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ciò significa che, nelle zone indagate, per i periodi indicati, la qualità dell'aria, in termini di polveri sottili, era ampiamente all'interno delle indicazioni normative.

A riprova delle buone condizioni dell'aria nei periodi monitorati, confrontando le misurazioni effettuate con quelle raccolte da APPA in **via Manzoni** e, soprattutto, con quelle rilevate presso una

⁹ Da non superarsi per più di 35 volte in un anno.

località remota quale è il **Monte Gaza**¹⁰ in Valle dei Laghi ad una quota di 1600 m slm, si è potuto osservare come, nei periodi considerati, le concentrazioni medie di PM10 (teoriche) rilevate dalla Fondazione MCR siano state sistematicamente inferiori a quelle misurate da APPA. Ciò è avvenuto sia in **via Roma** (7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contro i 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di M. Gaza e i 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di via Manzoni), sia in **via Tartarotti** (13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contro i 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di M. Gaza e i 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di via Manzoni), sia in **via Dante** (11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contro i 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di M. Gaza e i 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di via Manzoni).

Se ne può quindi trarre la conclusione che, nei periodi indagati nella zona a traffico limitato (ZTL) la qualità dell'aria sia stata piuttosto buona anche nel corso del 2023.

Pur trattandosi anche nel caso di via Manzoni di valori decisamente contenuti, è però evidente la netta differenza tra una zona del centro cittadino senza limiti alla viabilità e una zona come è quella della ZTL, dove invece il traffico veicolare è ridotto, come in via Dante e in via Tartarotti, oppure dove è proprio vietato come in via Roma¹¹.

Dal confronto tra le misure effettuate dalla centralina di rilevamento di APPA dislocata in via Manzoni¹² con quelle effettuate dal laboratorio mobile comunale nella zona a traffico limitato di Rovereto, si è potuto constatare come le concentrazioni giornaliere delle polveri abbiano seguito un trend molto simile tra loro seppur con valori assoluti diversi (come atteso) in relazione al luogo di campionamento (figg. 17-24). Tale osservazione riguarda anche le concentrazioni delle polveri raccolte in quota sul Monte Gaza dove, osservando i grafici si può notare come l'andamento sia stato molto simile alle stazioni cittadine.

Nonostante alcuni limiti nel campionamento più volte evidenziati (ossia di come la centralina di APPA in via Manzoni esegua il campionamento delle PM10, mentre il laboratorio mobile comunale quello delle TSP, e di come il periodo di confronto sia stato circoscritto ad un totale di circa due mesi e mezzo) è stato comunque possibile fare un paragone tra le misurazioni effettuate per avere una visione della distribuzione e dell'andamento nel tempo delle polveri entro i confini cittadini. Questo ha portato a fotografare anche per quest'anno una situazione di buone condizioni dell'aria in ZTL a Rovereto come già osservato anche nel 2022.

¹⁰ Dati stazione di Monte Gaza tratti dal sito di APPA al link: <https://bollettino.appa.tn.it/aria/>

¹¹ Tranne che per i residenti.

¹² Dati stazione di via Manzoni a Rovereto tratti dal sito di APPA al link: <https://bollettino.appa.tn.it/aria/>

Rilevazione dei metalli pesanti

In relazione ai vari campionamenti effettuati nel corso del 2023, oltre alla determinazione della concentrazione del particolato totale (TSP) si sono eseguite per mezzo del laboratorio di Dolomiti Energia Holding S.p.A., anche analisi chimiche sui campioni di polveri raccolti in via Roma, in via Tartarotti e in via Dante, per una selezione di metalli pesanti potenzialmente dannosi per la salute o per l'ambiente (ecotossici). Si tratta degli stessi considerati per le analisi sui talli lichenici, vale a dire: Alluminio, Al; Arsenico, As; Cadmio, Cd; Cromo, Cr; Ferro, Fe; Manganese, Mn; Mercurio, Hg; Nichel, Ni; Piombo, Pb; Rame, Cu; Vanadio, V e Zinco, Zn. I relativi valori vengono normalmente espressi in microgrammi su metrocubo (per Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, V, Zn) e in nanogrammi su metrocubo (per As, Cd, Ni, Hg).

I metalli pesanti sono in genere presenti nelle polveri, in particolare nelle PM10 e in misura ancora maggiore nelle PM2,5 (che per gran parte originano da processi di combustione). Le possibili sorgenti di contaminazione da metalli pesanti, nell'ambiente in generale e nella pedosfera in particolare, possono essere naturali o antropiche. La principale fonte naturale è rappresentata dal substrato geologico esistente, mentre tra le sorgenti d'origine antropica le più rilevanti sono le attività civili, industriali e le pratiche agricole.

I valori di riferimento per la maggior parte dei metalli pesanti qui monitorati sono indicati nelle "Air Quality Guidelines" dell'Organizzazione Mondiale per la Sanità (OMS). Questi sono tutti ascrivibili a medie annuali, mentre le misure effettuate dal campionatore di polveri del comune di Rovereto sono raccolte in periodi di monitoraggio di poche settimane per ogni campagna (quest'anno cinque campagne in tutto). Questo significa che per la visione dei fenomeni in studio si ha certamente una visione parziale che però può essere, in ogni caso, indicativa della situazione ambientale.

Guardando perciò ai dati di riferimento citati si può osservare come nei periodi monitorati, in generale, i valori medi dei vari metalli pesanti presenti nell'aria siano stati, solitamente, ampiamente al di sotto dei limiti di concentrazione media annua raccomandati dall'OMS per la protezione della salute umana. Questo è avvenuto su tutte e tre le vie cittadine, andando a rientrare sempre in quantità che sarebbero state tipiche di zone remote, tranne che per lo Zinco e il Vanadio in via Tartarotti e per il Cromo in via Dante, che hanno invece avuto concentrazioni medie proprie dei centri urbani.

Il Nichel (e parallelamente ma in minor misura il Cromo) come negli anni precedenti, ha presentato alcune giornate in cui ha avuto degli episodi con picchi di concentrazione che però questa volta sono stati più moderati. Questo elemento ha infatti evidenziato, una volta ancora, un andamento caratterizzato da periodi di bassa concentrazione nell'aria alternato a sporadiche giornate in cui invece le quantità sono aumentate sensibilmente, anche se quest'anno non hanno mai oltrepassato i limiti medi tipici dei centri urbani (10 ng/mc) come avvenuto invece in altre occasioni (come ad esempio in maniera molto marcata il 3 luglio del 2021 a Marco). Il fatto che ciò si sia verificato anche in passato potrebbe far supporre che questo aumento abbia a che fare con un qualche tipo di emissione sporadica che parrebbe coprire un territorio abbastanza ampio e che non sembra necessariamente legato alla quantità di polveri totali in atmosfera.

Attraverso i grafici di figura 25 è possibile osservare come le quantità dei diversi metalli pesanti nell'aria abbiano tendenzialmente seguito quello che è stato l'andamento delle polveri sottili, ossia come a giornate con elevate quantità di particolato in sospensione abbiano corrisposto anche maggiori quantità di metalli associati. In parole povere a più polveri sospese hanno coinciso, in proporzione, anche più metalli nell'aria (come sembra logico aspettarsi). A titolo di esempio, in figura 25, sono riportati alcuni degli elementi pesanti studiati che sono però indicativi di un fenomeno che riguarda anche buona parte degli altri.

Nel caso degli aumenti repentini di Nichel e Cromo sopra detti si tratta invece di scostamenti che, in alcuni casi, sembrerebbero essere indipendenti dalla quantità di particolato nell'aria e che non paiono seguire sempre le oscillazioni dettate dalla concentrazione di polveri sottili.

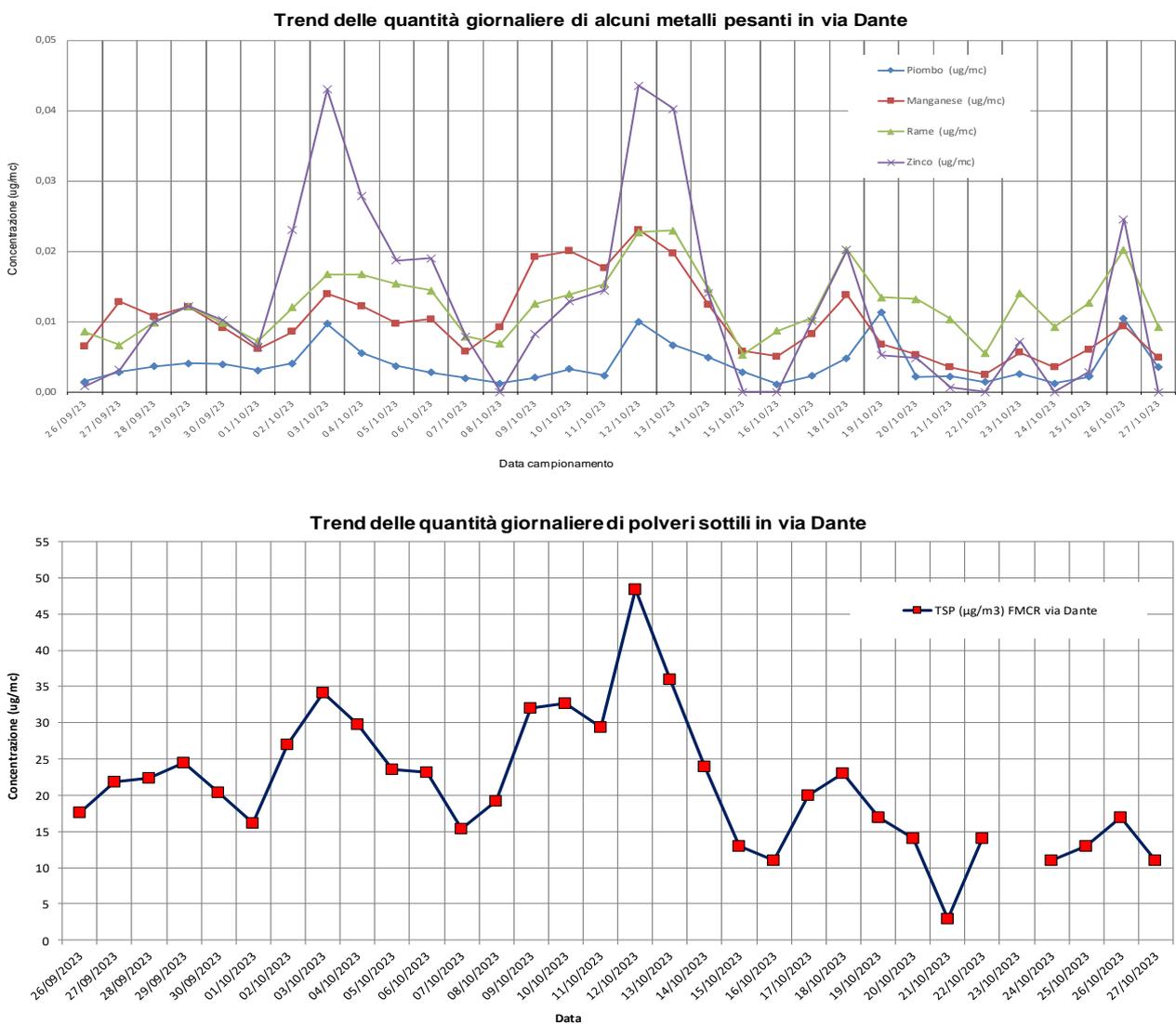


Fig. 25. Via Dante a Rovereto. Grafico di confronto tra l'andamento delle concentrazioni giornaliere di Pb, Mn, Cu, Zn in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e quello delle polveri sottili (TSP) tra il 26 settembre e il 27 ottobre 2023.

In via Roma, a maggio, i valori medi di concentrazione nell'aria dei vari metalli pesanti analizzati, in massima parte rientravano nell'intervallo di misure che, secondo l'OMS, sarebbero state tipiche di aree remote e comunque con valori ben al di sotto di quelli caratteristici dei centri urbani.

Il discorso è analogo sia per via Tartarotti, che si è discostato solamente per le quantità di Vanadio e Zinco che mediamente sono risultati presenti con concentrazioni superiori a quelle delle zone remote (anche se di poco), sia per via Dante dove solo il Cromo ha avuto concentrazioni nell'aria che secondo l'OMS sarebbero state tipiche invece dei centri urbani.

Di seguito i risultati delle analisi, affidate al Laboratorio di Dolomiti Energia Holding S.p.A., raffigurati per tramite di 12 grafici di sintesi con rappresentato, inoltre, l'andamento della piovosità giornaliera (figg. 26-37). Quando sui grafici alcune delle barre che indicano la concentrazione dei vari metalli pesanti non sono presenti, significa che le quantità nei campioni raccolti erano talmente basse che la strumentazione non è stata in grado di rilevarle.

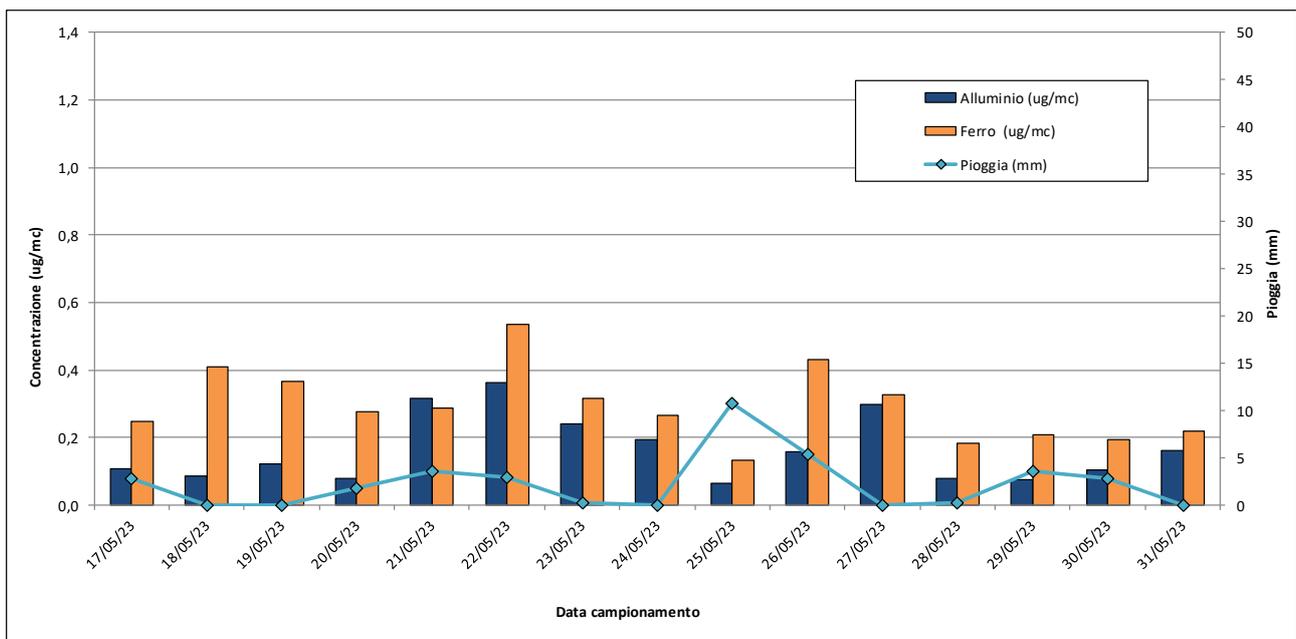


Fig. 26. Cortile IPRASE, via Roma a Rovereto. Grafico delle concentrazioni giornaliere di Al e Fe, espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a confronto con l'andamento della piovosità, espressa in mm, a maggio 2023.

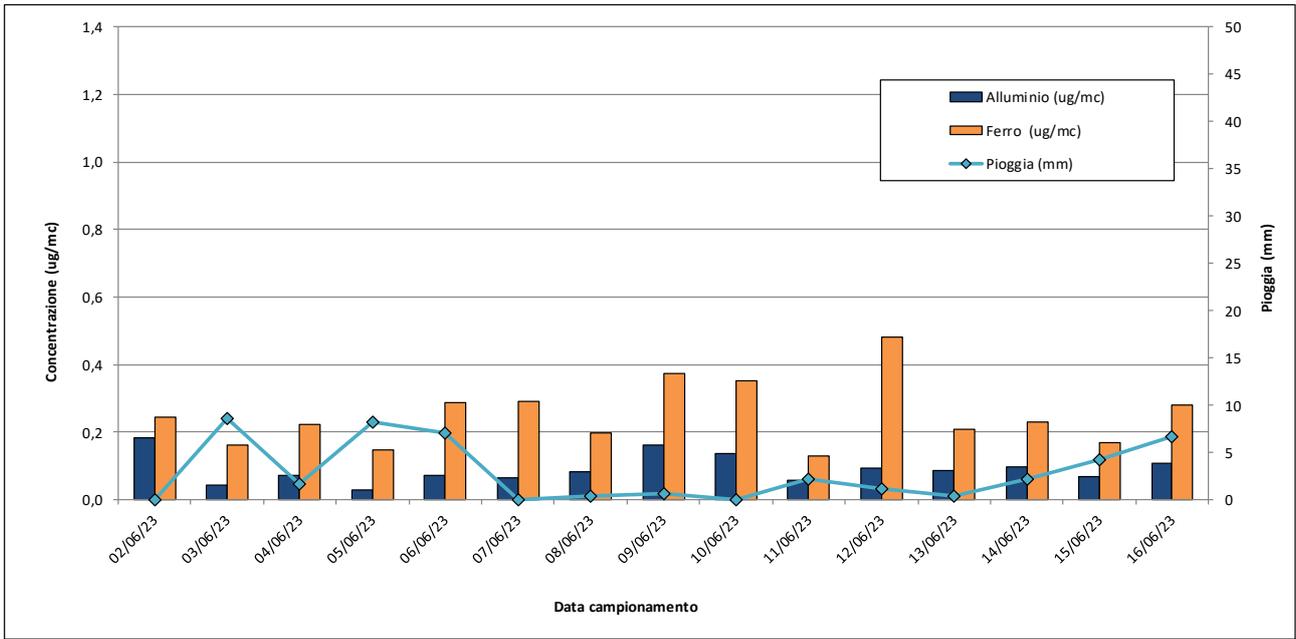


Fig. 27. Cortile IPRASE, via Tartarotti a Rovereto. Grafico delle concentrazioni giornaliere di Al e Fe, espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a confronto con l'andamento della piovosità, espressa in mm, a giugno 2023.

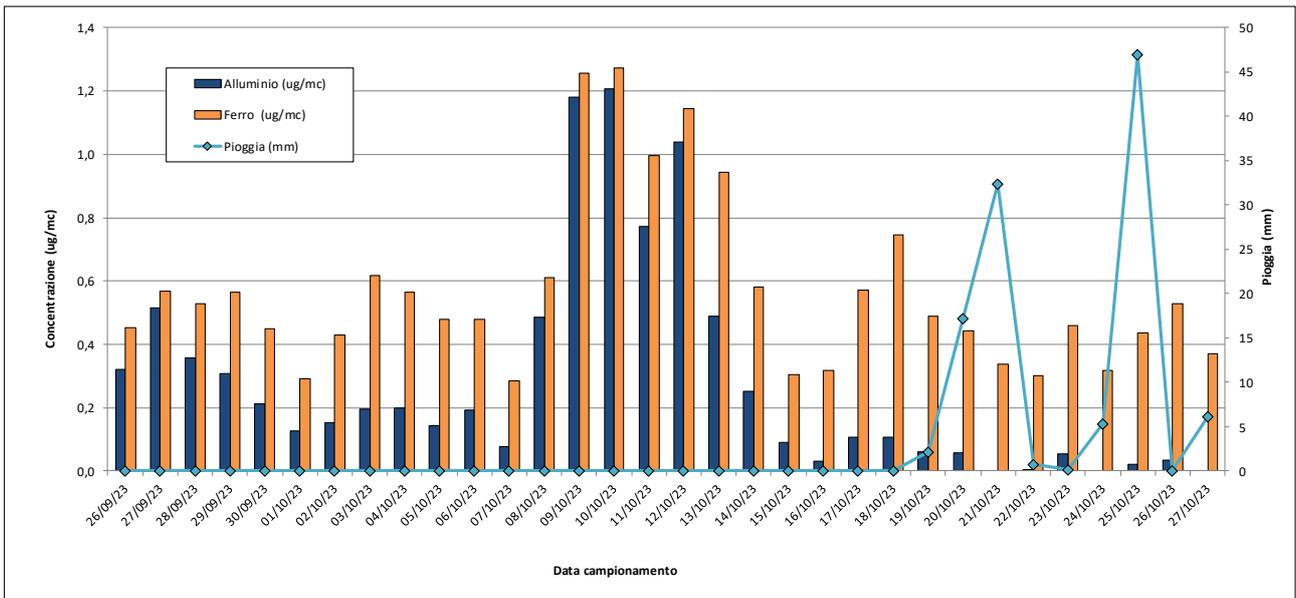


Fig. 28. Via Dante a Rovereto. Grafico delle concentrazioni giornaliere di Al e Fe, espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a confronto con l'andamento della piovosità, espressa in mm, tra settembre e ottobre 2023.

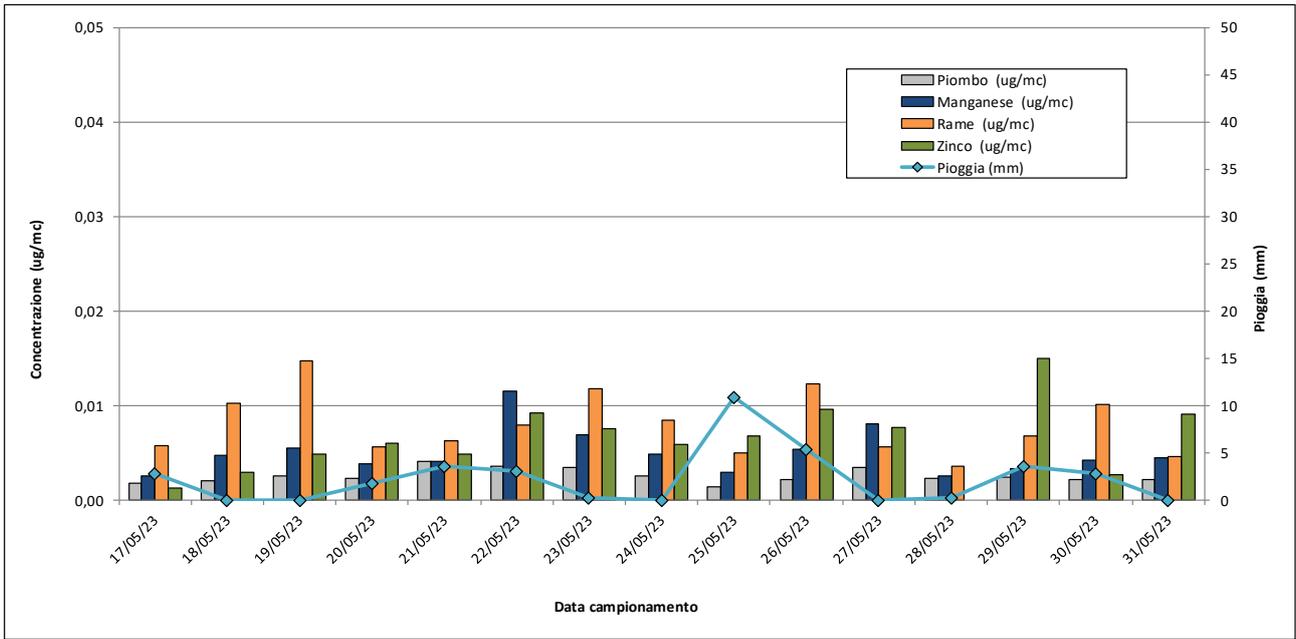


Fig. 29. Cortile IPRASE, via Roma a Rovereto. Grafico delle concentrazioni giornaliere di Pb, Mn, Cu, Zn, espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a confronto con l'andamento della piovosità, espressa in mm, a maggio 2023.

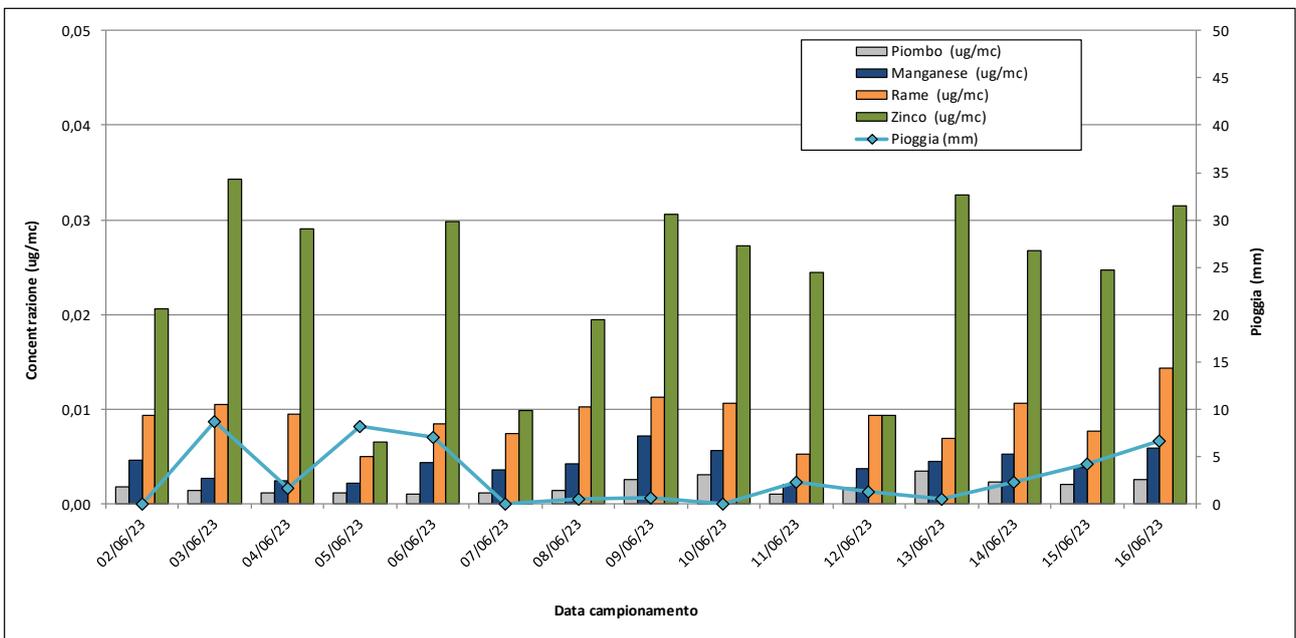


Fig. 30. Cortile IPRASE, via Tartarotti a Rovereto. Grafico delle concentrazioni giornaliere di Pb, Mn, Cu, Zn, espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a confronto con l'andamento della piovosità, espressa in mm, a giugno 2023.

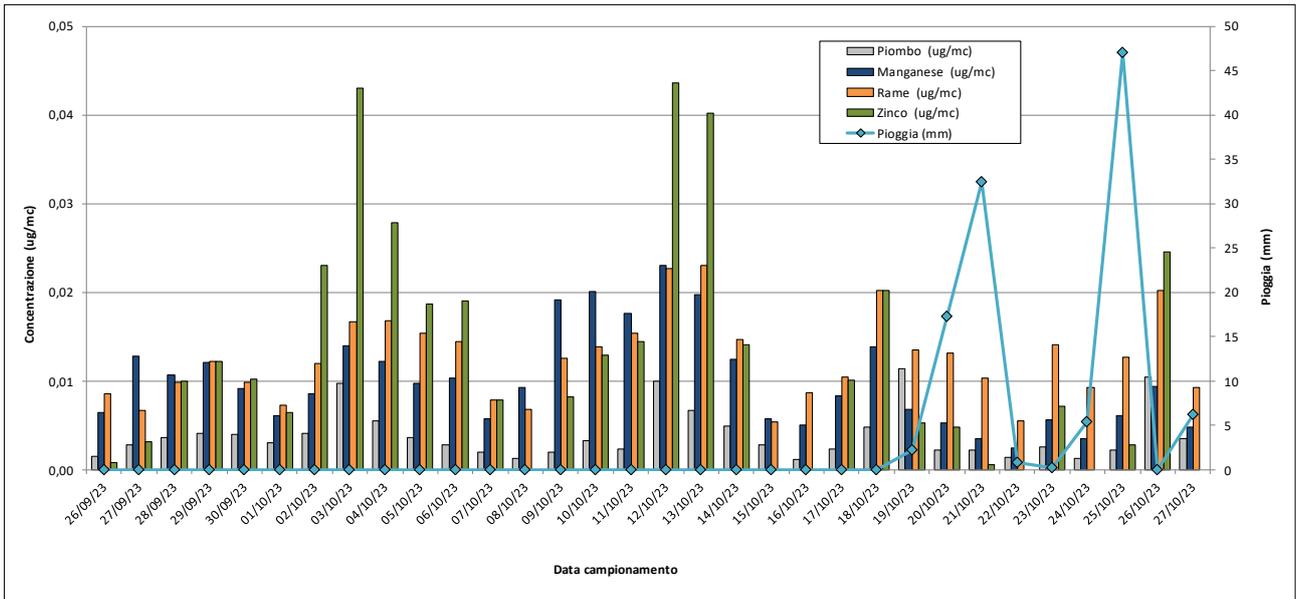


Fig. 31. Via Dante a Rovereto. Grafico delle concentrazioni giornaliere di Pb, Mn, Cu, Zn, espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a confronto con l'andamento della piovosità, espressa in mm, tra settembre e ottobre 2023.

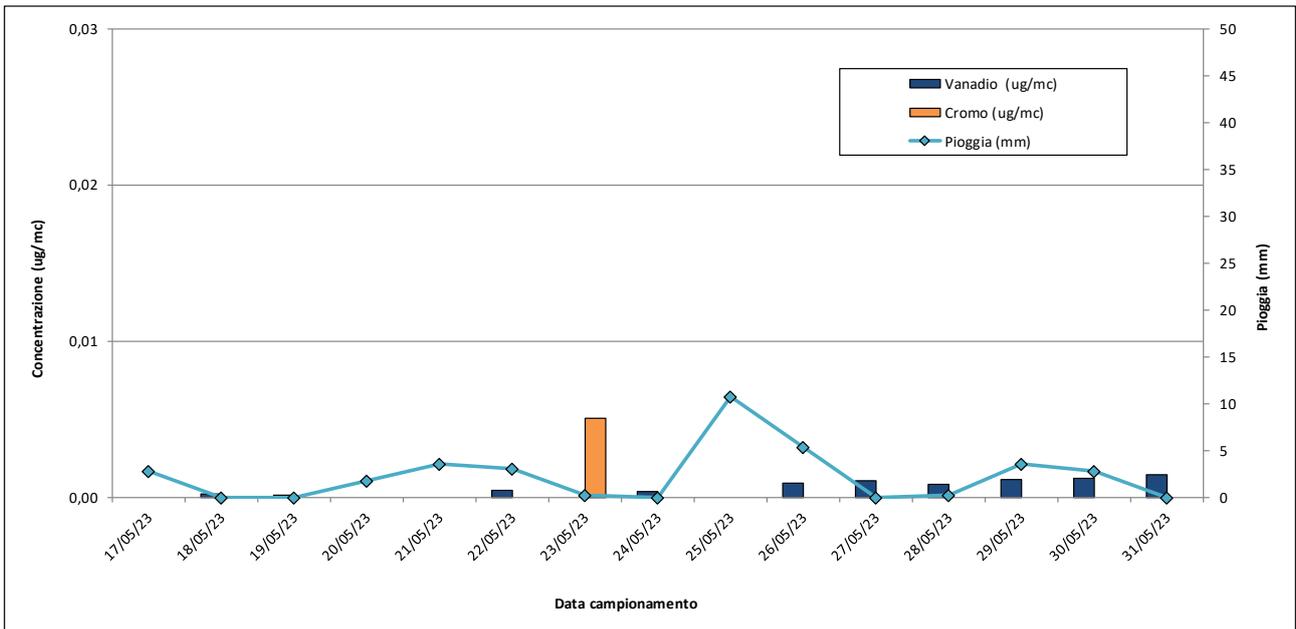


Fig. 32. Cortile IPRASE, via Roma a Rovereto. Grafico delle concentrazioni giornaliere di Cr e V, espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a confronto con l'andamento della piovosità, espressa in mm, a maggio 2023.

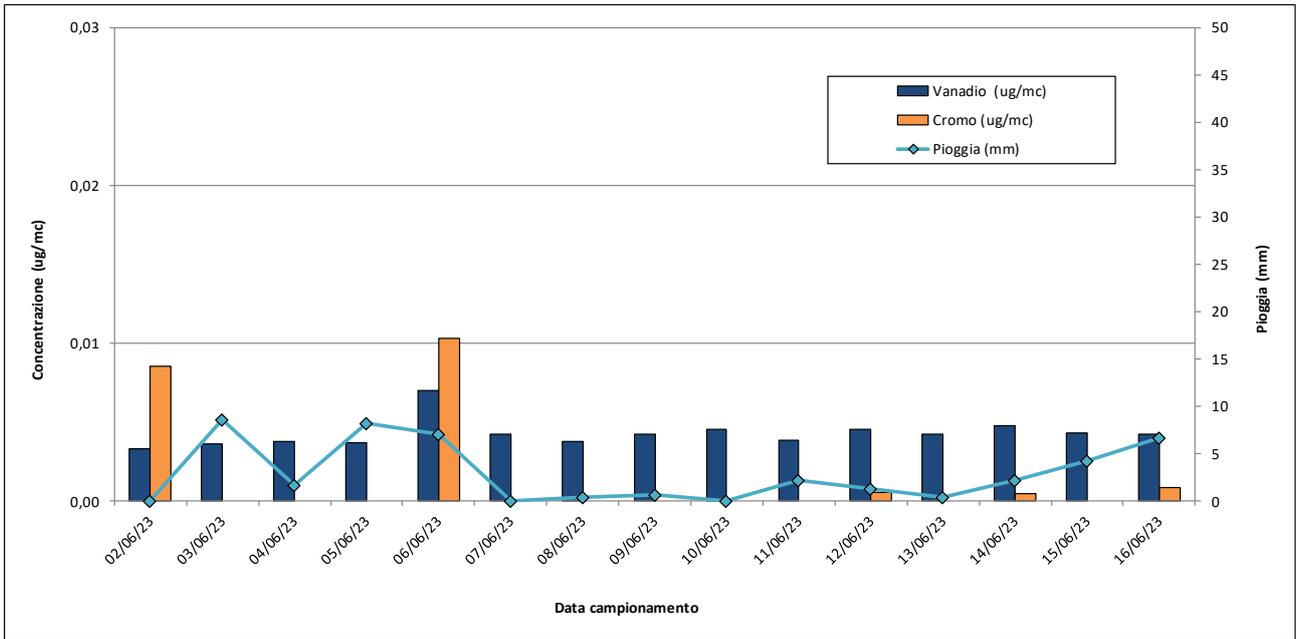


Fig. 33. Cortile IPRASE, via Tartarotti a Rovereto. Grafico delle concentrazioni giornaliere di Cr e V, espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a confronto con l'andamento della piovosità, espressa in mm, a giugno 2023.

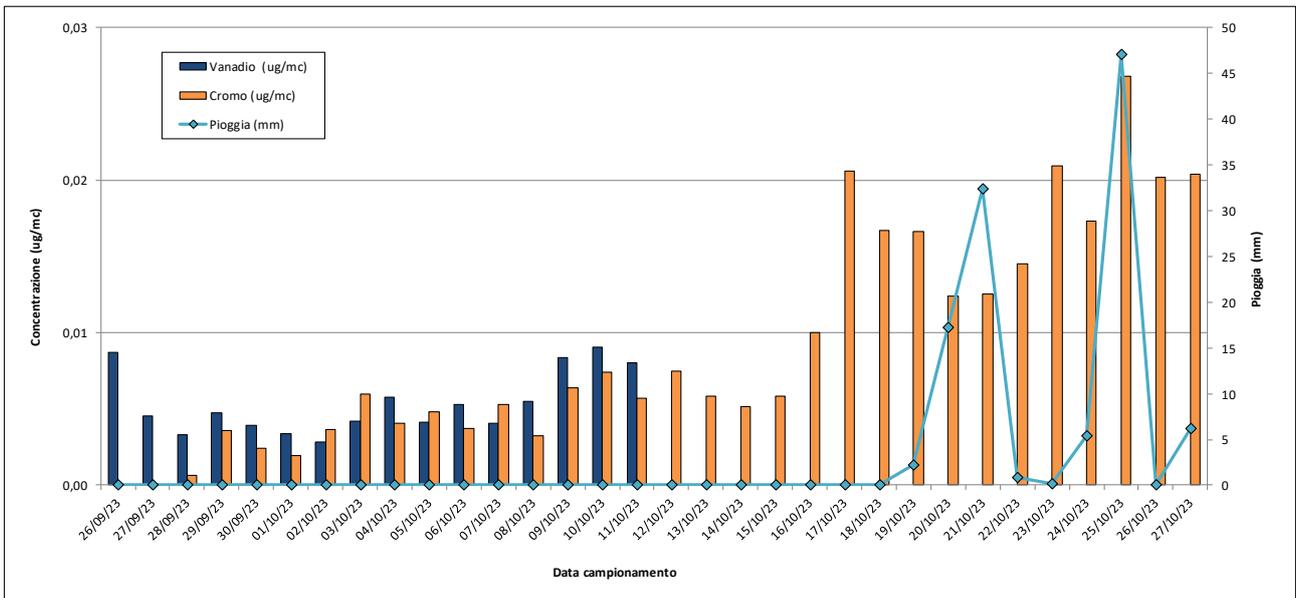


Fig. 34. Via Dante a Rovereto. Grafico delle concentrazioni giornaliere di Cr e V, espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a confronto con l'andamento della piovosità, espressa in mm, tra settembre e ottobre 2023.

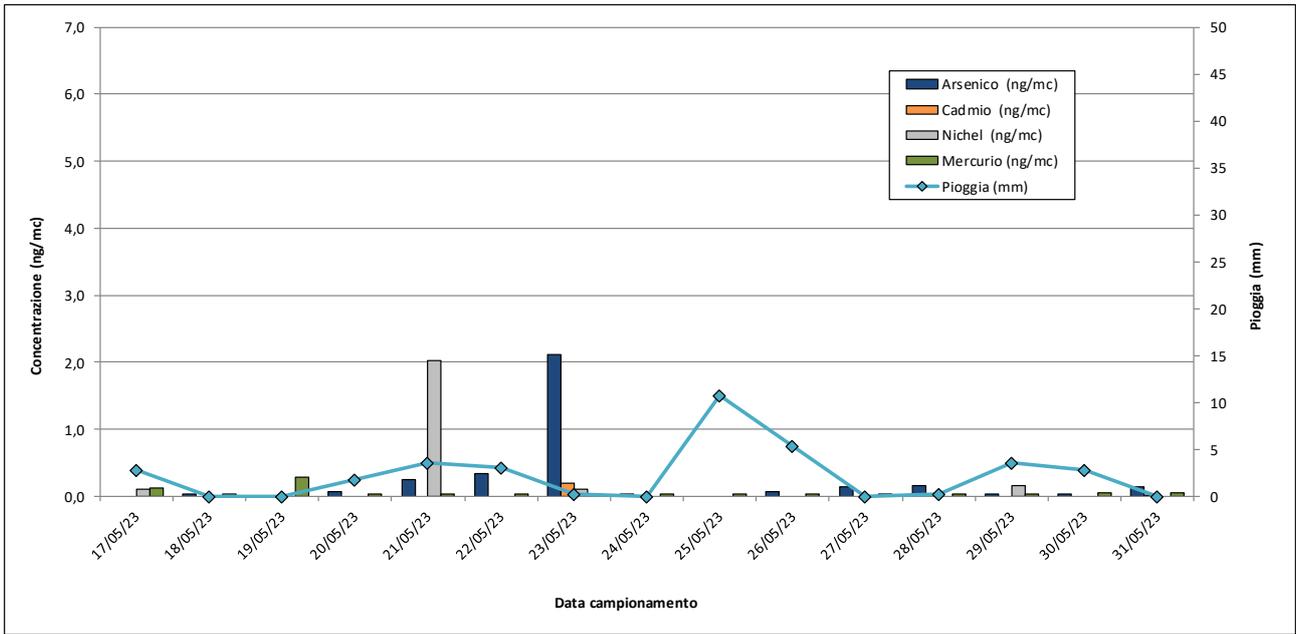


Fig. 35. Cortile IPRASE, via Roma a Rovereto. Grafico delle concentrazioni giornaliere di As, Cd, Ni e Hg, espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a confronto con l'andamento della piovosità, espressa in mm, a maggio 2023.

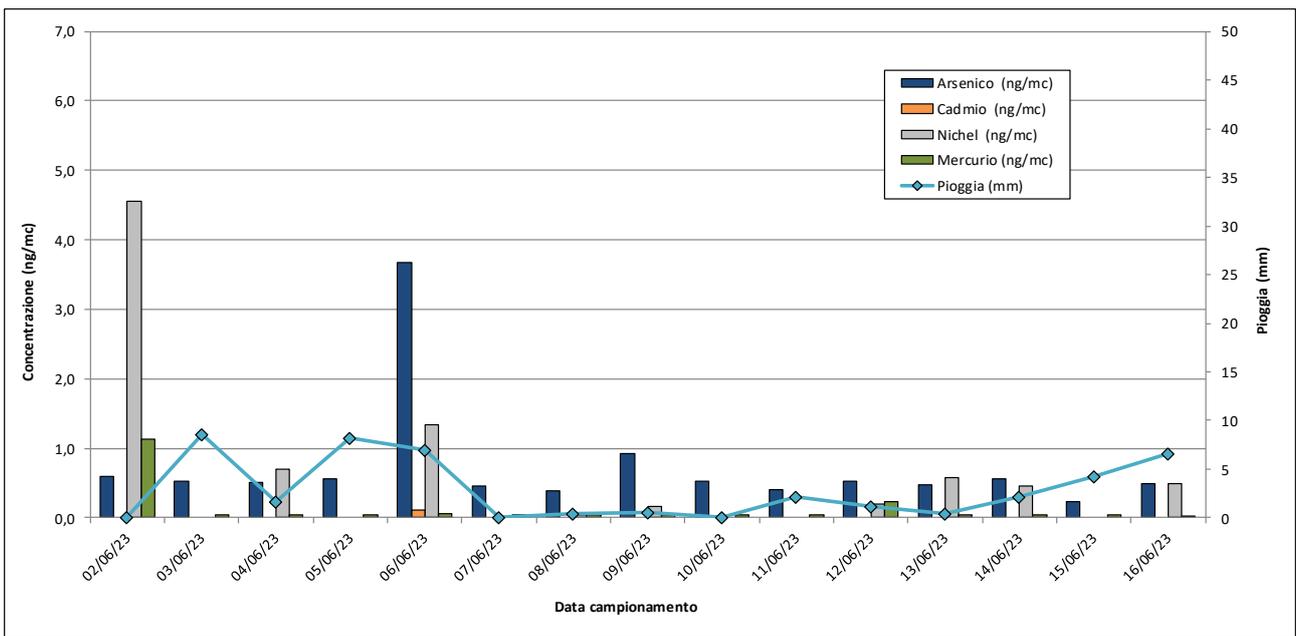


Fig. 36. Cortile IPRASE, via Tartarotti a Rovereto. Grafico delle concentrazioni giornaliere di As, Cd, Ni e Hg, espresse in ng/m^3 , a confronto con l'andamento della piovosità, espressa in mm, a giugno 2023.

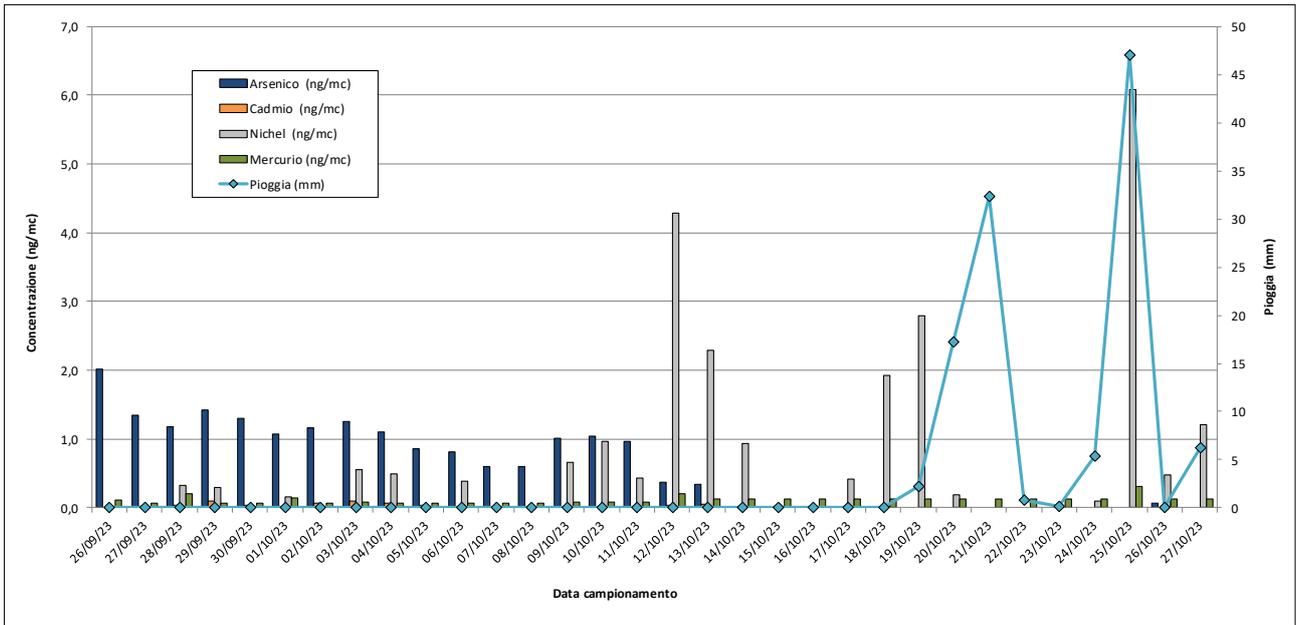


Fig. 37. Via Dante a Rovereto. Grafico delle concentrazioni giornaliere di As, Cd, Ni e Hg, espresse in ng/m^3 , a confronto con l'andamento della piovosità, espressa in mm, tra settembre e ottobre 2023.

4. Monitoraggio della falda freatica

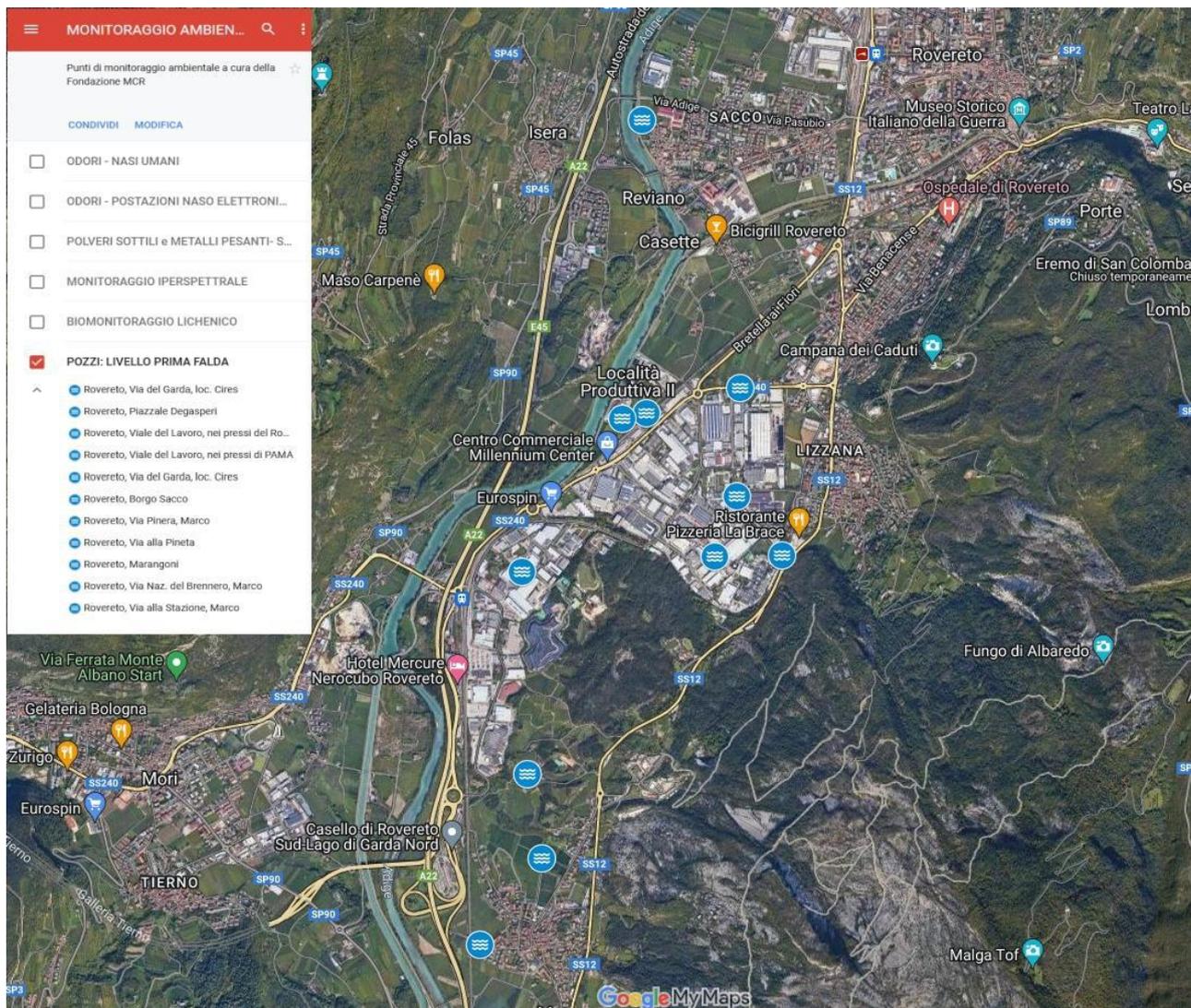


Fig. 38. Mappa estratta dalla pagina di GoogleMyMaps collegata al sito EMAS del Comune di Rovereto; in evidenza il layer dedicato ai punti “Pozzi: livello prima falda”.

Dal 2004 il Museo Civico monitora le oscillazioni della falda freatica della zona industriale di Rovereto. La posizione dei punti usati per il controllo è consultabile on line nel sito EMAS selezionando il relativo layer della mappa (https://www.emasrovereto.it/emas_mappa).

Monitorare la quota della falda acquifera è un'operazione molto importante per vari motivi, ma in primo luogo per la gestione responsabile delle risorse idriche e la protezione dell'ambiente.

Queste misure forniscono informazioni preziose sulla disponibilità delle risorse sotterranee che sono fondamentali per l'approvvigionamento idrico potabile, per l'agricoltura, l'utilizzo da parte delle industrie e, più in generale, per l'intero ecosistema.

Il monitoraggio sistematico della quota della falda consente di valutare gli effetti dei cambiamenti climatici e delle attività antropiche: il global warming e l'aumento della pressione antropica (utilizzo massiccio di acqua in agricoltura o per bisogni civili sempre maggiori e industrializzazione più

presente) determinano delle variazioni significative della falda nel tempo con conseguenze dirette sulla disponibilità di acqua.

In ambito agricolo questo controllo permette di ottimizzare l'irrigazione e di gestire quindi in maniera sostenibile le risorse nel caso in cui la falda sia soggetta a stress idrico.

Infine il monitoraggio fornisce dati estremamente utili per la pianificazione territoriale e la prevenzione di rischi legati all'acqua, come allagamenti o siccità, ma sono anche uno strumento indispensabile per i liberi professionisti (ingegneri, geologi e geometri) e molto utili anche per la cittadinanza in generale.

Nel tempo alcuni dei pozzi indagati sono andati persi a causa delle trasformazioni antropiche del territorio e nuovi se ne sono aggiunti.

Dal 2021 la misura mensile (grossomodo condotta a metà mese, in un unico giorno) della profondità della prima falda è proseguita su cinque pozzi, distribuiti tra la porzione di monte della zona industriale (lungo e attorno al Viale del Lavoro nei pressi dell'azienda Pama, al Rovercenter e a piazzale Degasperri) e quella di valle (due in Loc. Cires, Libera e Stendimento fisso), spostandosi verso l'asta del fiume Adige.

Nel 2023 il numero di pozzi è stato implementato: attualmente vengono quindi monitorati dieci siti nel comune di Rovereto. Uno dei nuovi punti è situato nella zona industriale sud (via alla Pineta), tre sono nella zona di Marco-Lavini (via alla Stazione, via Pinera e via Naz. Brennero) ed uno si trova a Borgo Sacco. A partire da gennaio 2024 è stata aggiunta una nuova stazione di misura all'ingresso della ditta Marangoni.

Nelle figure e nelle tabelle sottostanti si riportano le date delle singole campagne di rilevamento, le quote rispetto alla superficie del suolo (soggiacenza) della falda e la temperatura dell'acqua (le misure sono effettuate manualmente mediante termo-freatimetro con cavo tondo centimetrato FRE 810).

DATA	18/01	15/02	09/03	12/04	17/05	15/06	12/07	09/08	13/09	03/10	15/11	13/12
BORGO SACCO	-5,54	-5,67	-5,72	-5,8	-4,3	-4,02	-4,63	-4,57	-4,66	-4,74	-4,15	-4,91
STENDIMENTO FISSO	-5,99	-6,09	-6,76	-6,44	-5,52	-5,36	-5,61	-5,55	-5,66	-5,7	-5,08	-5,45
PIAZZALE DEGASPERI	-6,89	-7	-7,56	-7,44	-6,44	-6,26	-6,59	-6,52	-6,76	-6,66	-5,83	-6,39
ROVER CENTER	-7,18	-7,29	-7,82	-7,82	-6,74	-6,62	-6,91	-6,86	-7,12	-7,03	-6,02	-6,59
PAMA	-5,45	-5,58	-6,14	-5,99	-5,01	-4,86	-5,19	-5,12	-5,25	-5,27	-4,58	-4,87
LIBERA	-6,56	-6,64	-7,34	-7	-6,07	-5,87	-6,18	-6,1	-6,21	-6,26	-5,6	-6,81
VIA ALLA PINETA							-11,99	-12,04	-12,16	-12,19	-11,64	-12
VIA ALLA STAZIONE							-6,52	-6,26	-6,62	-6,65	-4,64	-5,86
VIA PINERA								-5,82	-6,21	-6,27	-3,9	-5,35
VIA NAZ. BRENNERO									-20,56	-20,56	-19,51	-20,30

Tab. 2. Quote della falda in metri nel corso del 2023.

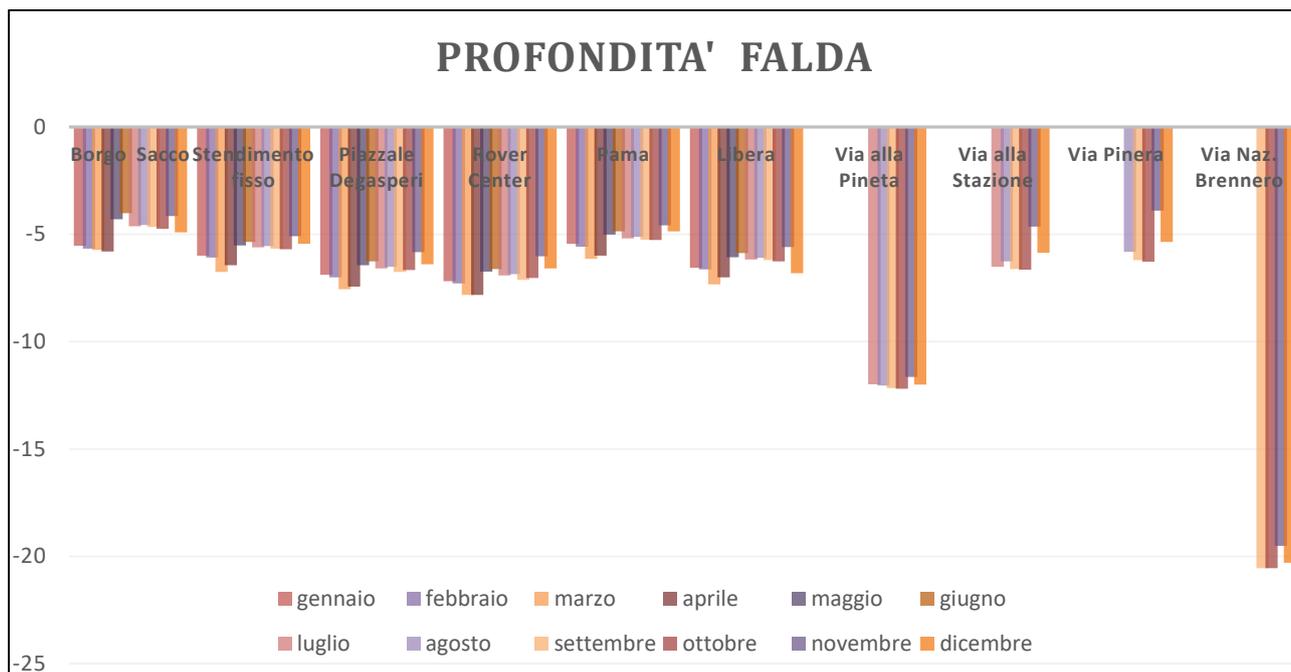


Fig. 39. Quote della falda in metri rispetto alla superficie del suolo nel corso del 2023.

DATA	18/01	15/02	09/03	12/04	17/05	15/06	12/07	09/08	13/09	03/10	15/11	13/12
BORGO SACCO	14.2	13.5	13.5	12.8	12.4	13.3	14.7	15	16.4	16.2	16.6	15.3
STENDIMENTO FISSO	12.4	12.3	12.2	11.9	11.7	11.8	11.9	12.4	12.4	12.6	13.4	13.1
PIAZZALE DEGASPERI	12.4	12.6	12.4	12.1	12	12	12.1	12.2	12.6	12.3	12.7	12.4
ROVER CENTER	12.4	12.8	12.8	11.8	11.9	12.1	12.8	12.1	11.9	12.7	14	13.2
PAMA	15.1	15.1	16.4	15.8	15.4	16	15	15.6	14.3	16.4	19.1	17.6
LIBERA	12.3	12.4	12.4	12.1	12.1	12.3	12.1	12.7	12.3	12.5	12.8	12.7
VIA ALLA PINETA							12	12.1	12.3	12.8	14.1	13.1
VIA ALLA STAZIONE							11.5	12.7	12.3	12.8	14.1	13.1
VIA PINERA								11.9	12.9	12.5	12	11.5
VIA NAZ. BRENNERO									11.8	11.9	11.2	11

Tab. 3. Temperatura dell'acqua nel corso del 2023.

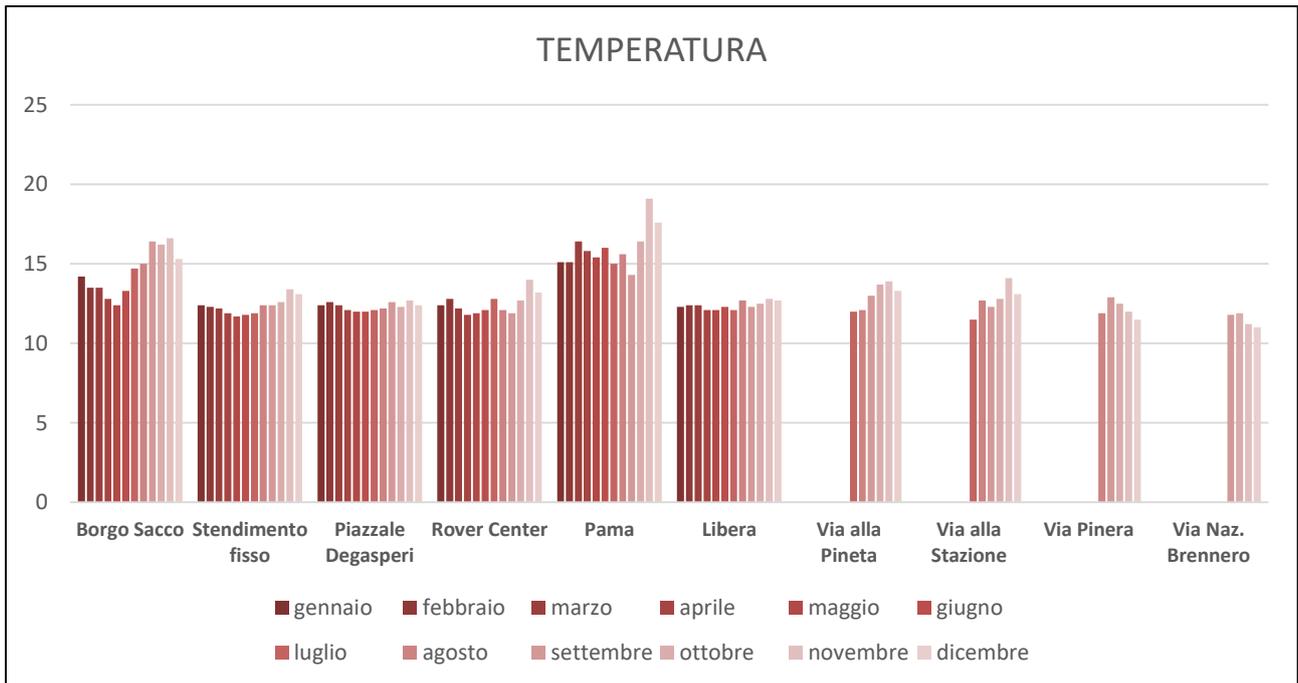


Fig. 40. Temperatura dell'acqua nel corso del 2023.

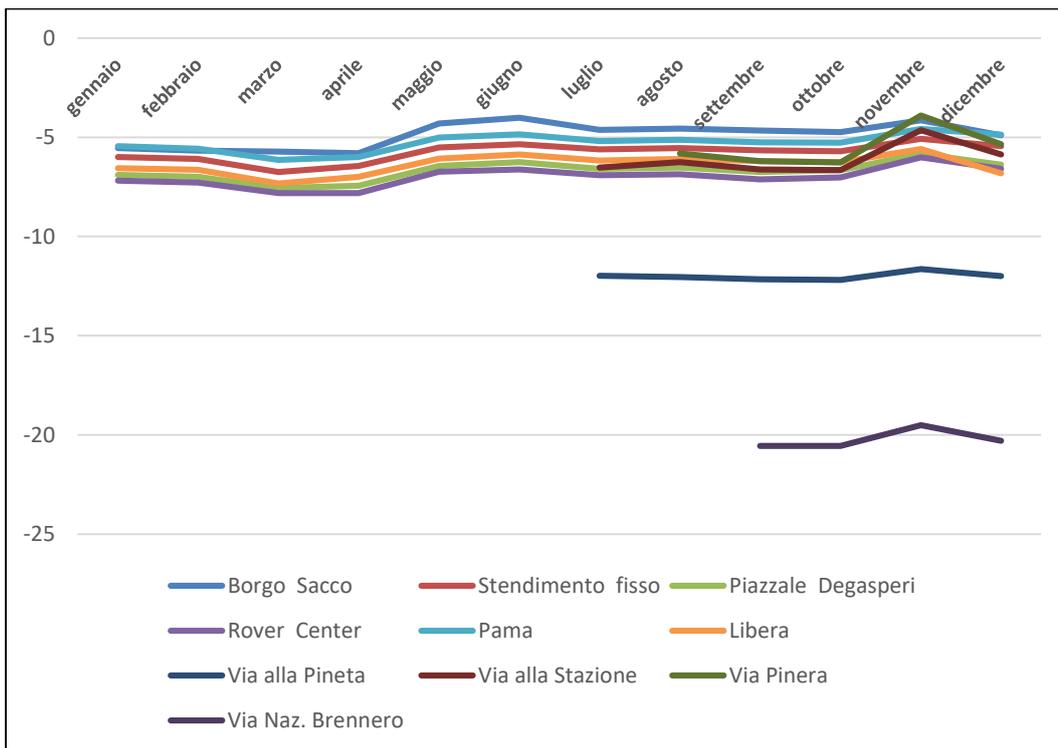


Fig. 41. Quote della falda in metri rispetto alla superficie del suolo nel corso del 2023.

Per l'anno 2023 la quota assoluta media della prima falda si è assestata a 166,45 m s.l.m. L'andamento grafico (Fig. 41) evidenzia un trend uniforme dei livelli in tutti i punti monitorati, infatti le curve, che rappresentano i singoli punti di misura, sono grossomodo parallele tra di loro. Nel mese di dicembre fanno eccezione i pozzi via Pinera e via alla Stazione in corrispondenza dell'abitato di Marco che hanno risentito maggiormente delle precipitazioni.

I pozzi di via alla Pineta e di via Nazionale del Brennero, ubicati all'interno del macereto di frana, e quindi con l'imbocco sopraelevato rispetto alla piana di circa 20-30 metri, mantengono un trend simile agli altri (Fig. 39 e 41), ma la conformazione morfologica del terreno e le probabili disomogeneità granulometriche all'interno dell'ammasso franoso comportano profondità leggermente diverse della quota assoluta.

Le misure vengono effettuate mensilmente a intervalli regolari ma la maggior frequenza di eventi critici significativi (come l'evento piovoso del 4 e 5 novembre 2023) implica la necessità di un maggior controllo per verificare la massima escursione della falda. In quest'ottica i tecnici del Museo hanno effettuato una misura eccezionale anche il giorno 7 novembre.

Nella tabella sottostante le quote di falda rispetto al piano di campagna con l'aggiunta delle misure straordinarie effettuate a seguito delle forti piogge del 4 e 5 novembre (colonna in azzurro).

DATA	18/01	15/02	09/03	12/04	17/05	15/06	12/07	09/08	13/09	03/10	07/11	15/11	13/12
BORGO SECCO	-5,54	-5,67	-5,72	-5,8	-4,3	-4,02	-4,63	-4,57	-4,66	-4,74	-2,95	-4,15	-4,91
STENDIMENTO FISSO	-5,99	-6,09	-6,76	-6,44	-5,52	-5,36	-5,61	-5,55	-5,66	-5,7	-4,63	-5,08	-5,45
PIAZZALE DEGASPERI	-6,89	-7	-7,56	-7,44	-6,44	-6,26	-6,59	-6,52	-6,76	-6,66	-5,28	-5,83	-6,39
ROVER CENTER	-7,18	-7,29	-7,82	-7,82	-6,74	-6,62	-6,91	-6,86	-7,12	-7,03	-5,4	-6,02	-6,59
PAMA	-5,45	-5,58	-6,14	-5,99	-5,01	-4,86	-5,19	-5,12	-5,25	-5,27	-3,85	-4,58	-4,87
LIBERA	-6,56	-6,64	-7,34	-7	-6,07	-5,87	-6,18	-6,1	-6,21	-6,26	-5,23	-5,6	-6,81

Tab. 4. Quote della falda in metri nel corso del 2023.

Per ognuno dei pozzi monitorati vengono di seguito mostrati gli estratti della Carta Geologica con, circondate in arancione, le aree in cui ricadono i punti di interesse.

Si presenta poi, per mezzo di grafici, la situazione caratteristica di ciascun pozzo in termini di freaticometrica e temperatura dell'acqua.

Per il punto detto "Marangoni" non vengono mostrati risultati in quanto, come indicato precedentemente, la campagna di monitoraggio è iniziata a gennaio 2024.

Pozzo di Borgo Sacco – vicolo Baroni, Borgo Sacco, Rovereto

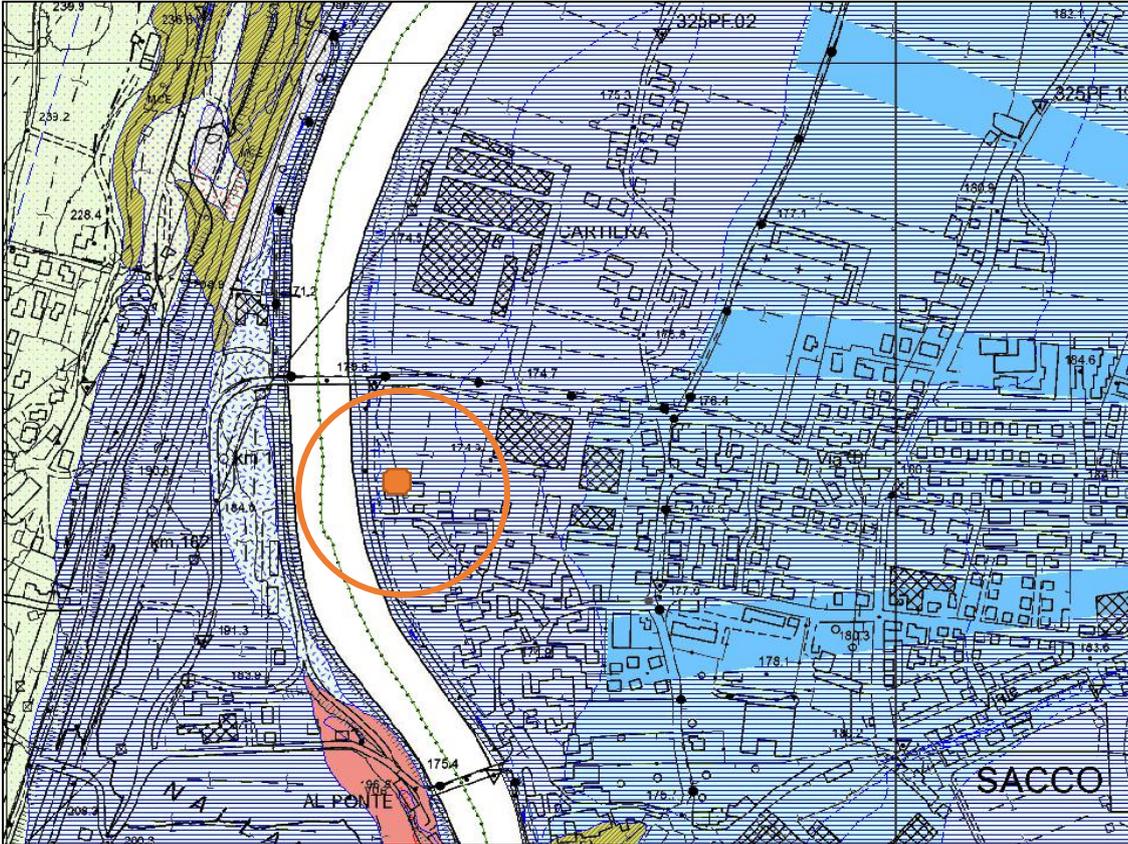


Fig. 42. Pozzo di Borgo Sacco (estratto della Carta Geologica con circondata in arancione l'area in cui ricade il punto di interesse).

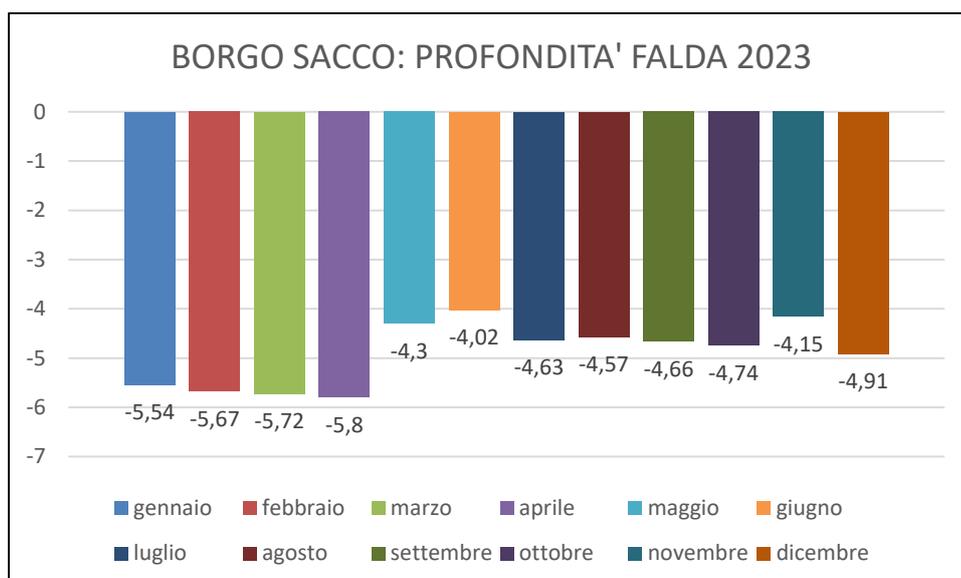


Fig. 43. Borgo Sacco: quota mensile della prima falda nel corso del 2023.

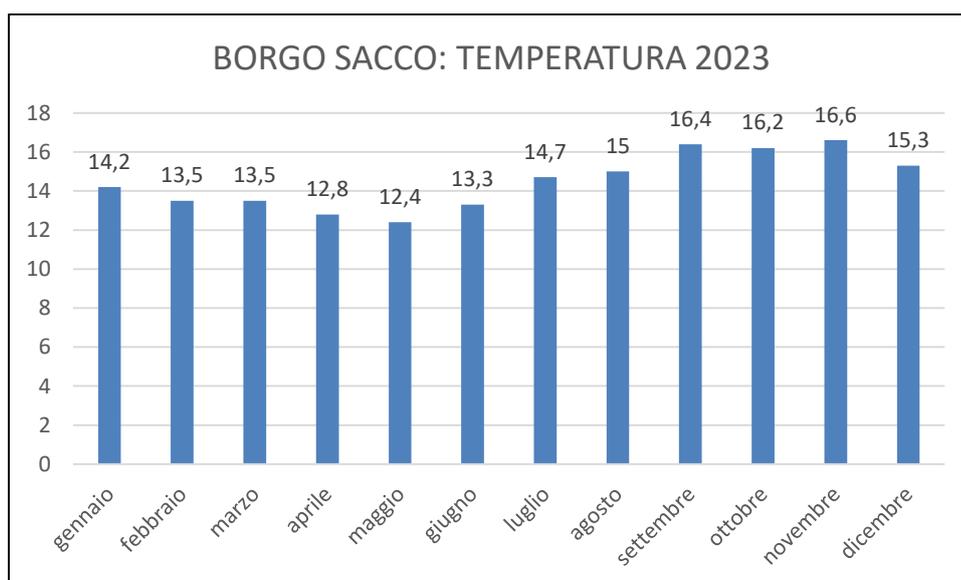


Fig. 44. Borgo Sacco: temperatura (°C) mensile della prima falda nel corso del 2023.

Pozzi stendimento fisso (punto A) e Libera (punto B) – via del Garda, loc. Cires Rovereto

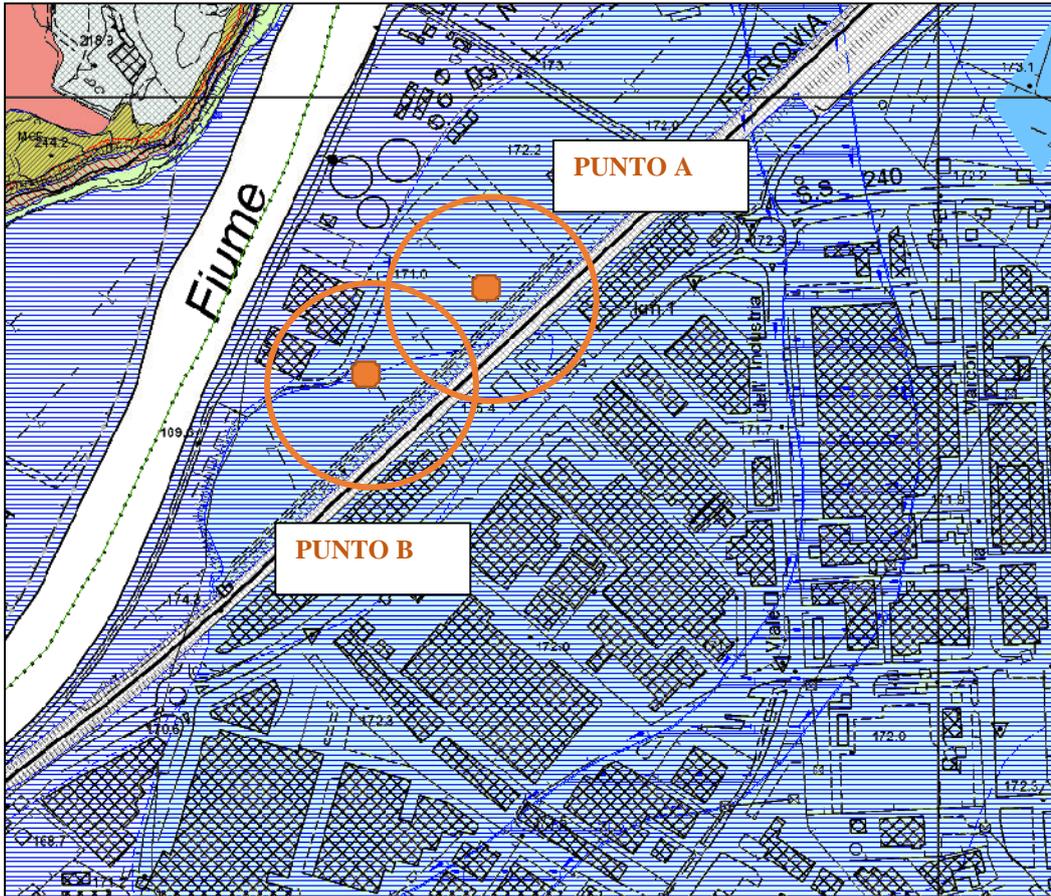


Fig. 45. Pozzi stendimento fisso (punto A) e Libera (punto B), in località Cires (estratto della Carta Geologica con circondate in arancione le aree in cui ricadono i punti di interesse).

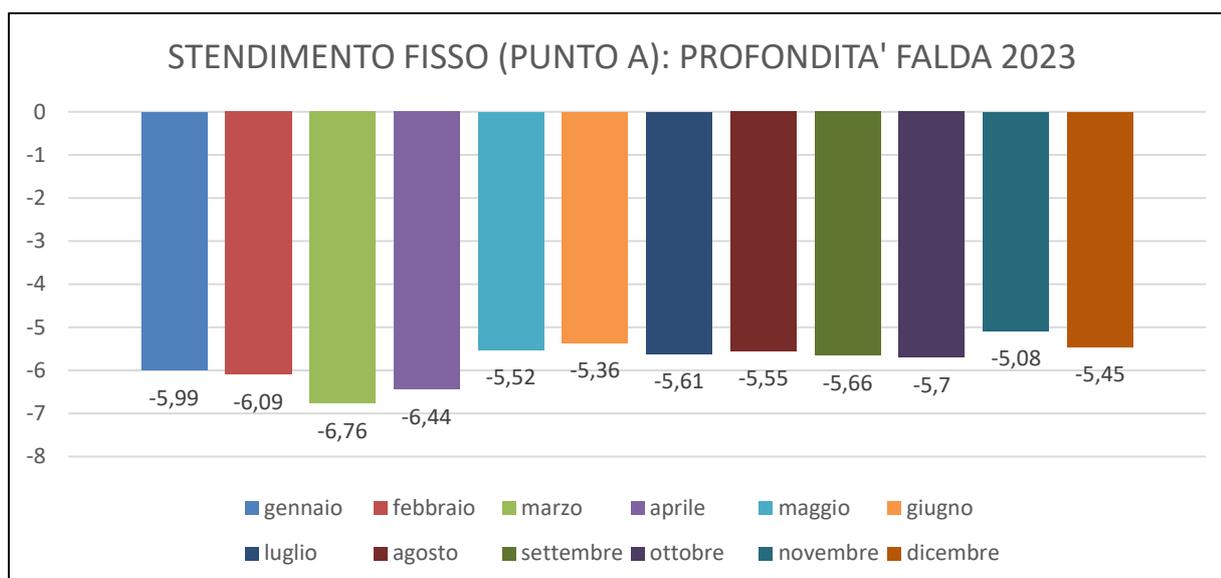


Fig. 46. Stendimento fisso (punto A): quota mensile della prima falda nel corso del 2023.

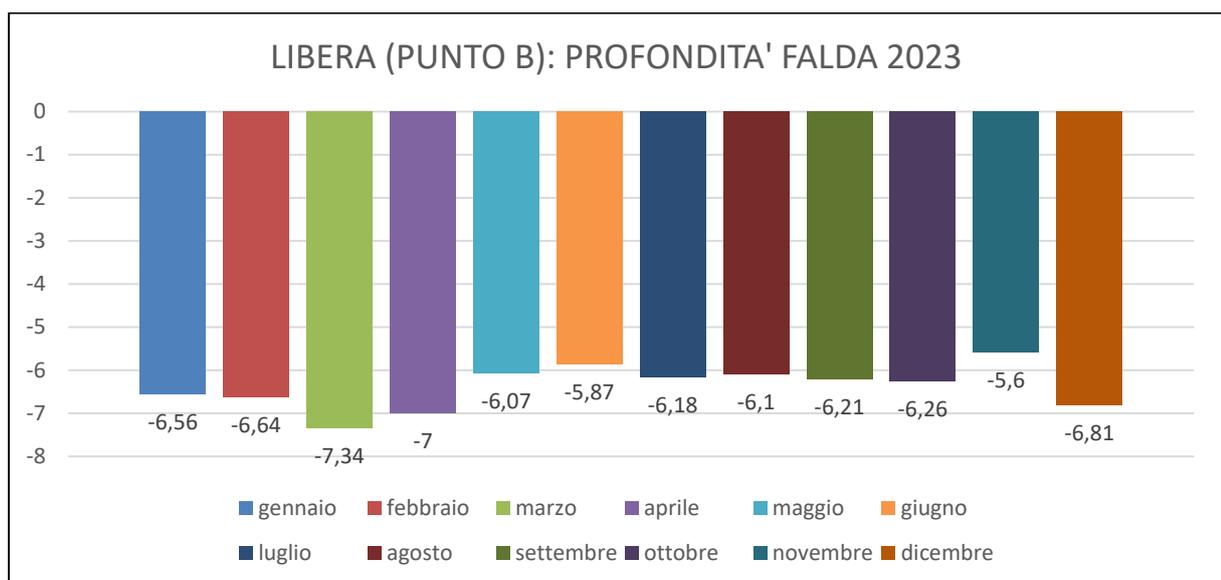


Fig. 47. Libera (punto B): quota mensile della prima falda nel corso del 2023.

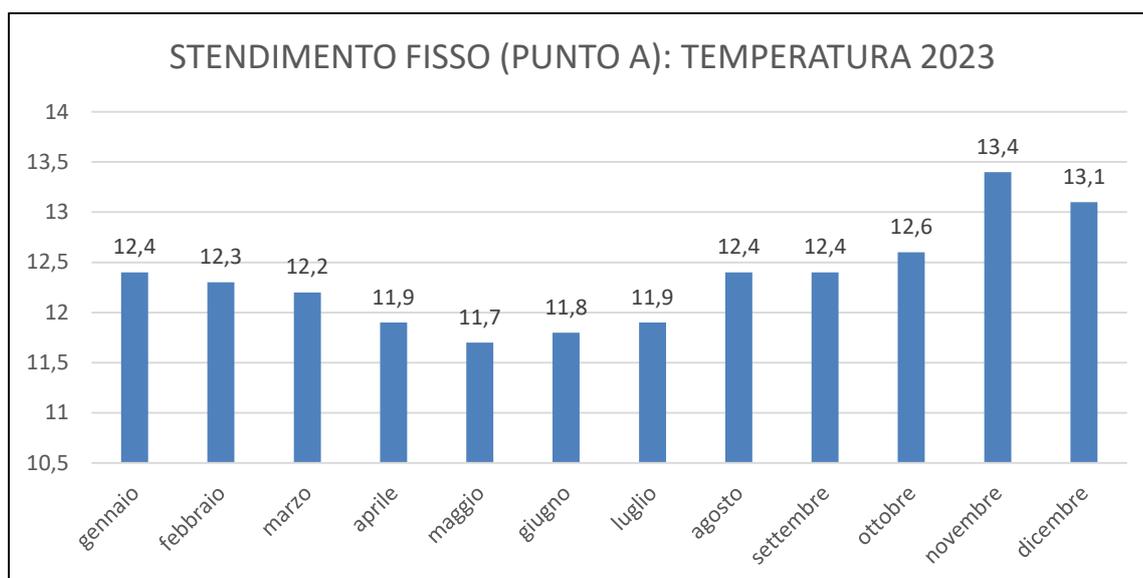


Fig. 48. Stendimento fisso (punto A): temperatura (°C) mensile della prima falda nel corso del 2023.

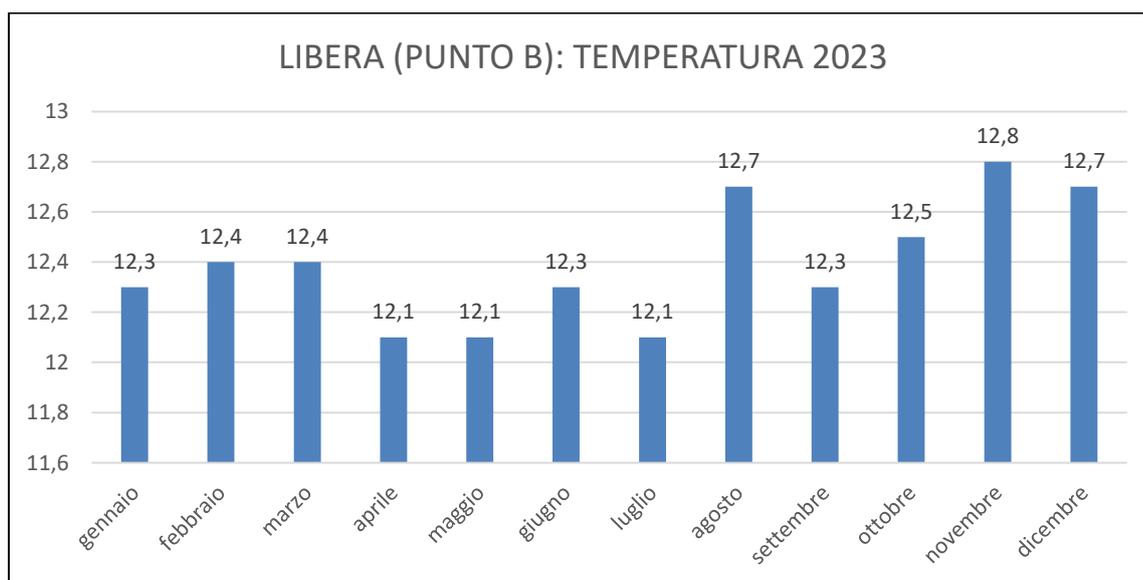


Fig. 49. Libera (punto B): temperatura (°C) mensile della prima falda nel corso del 2023.

Pozzo di via alla Stazione – Marco, Rovereto

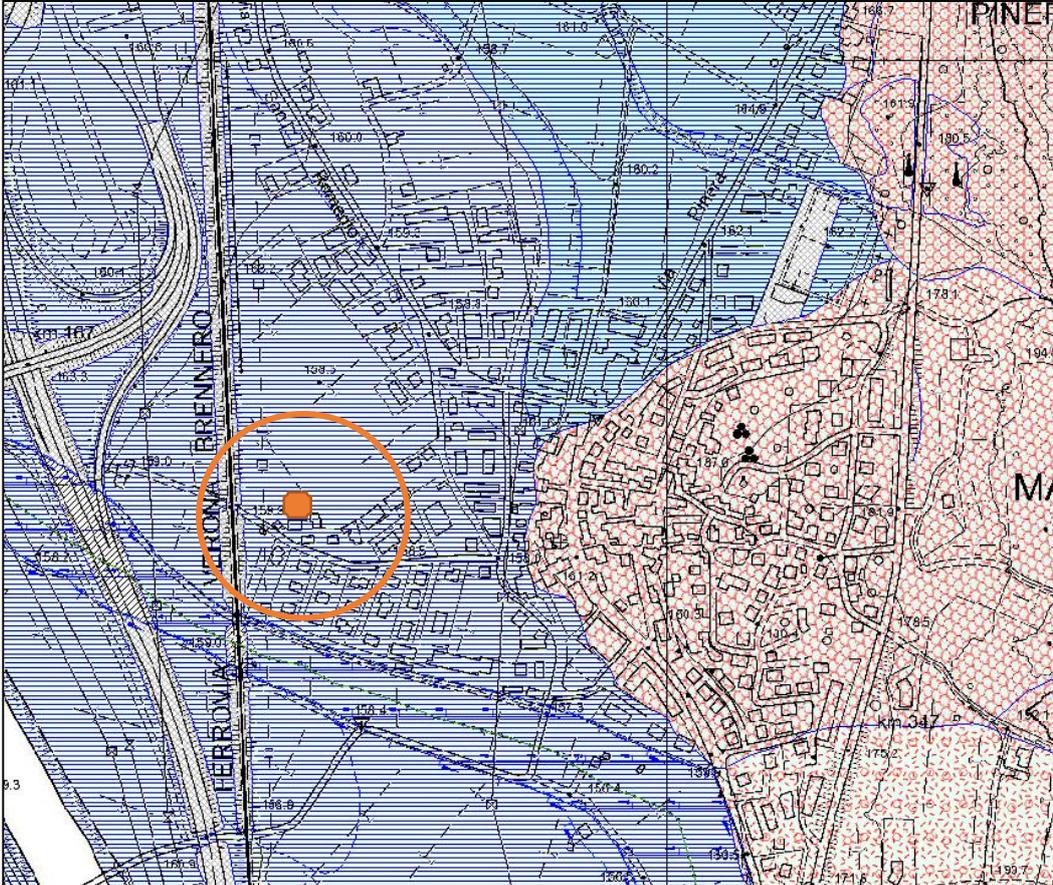


Fig. 50. Pozzo di via alla Stazione a Marco (estratto della Carta Geologica con circondata in arancione l'area in cui ricade il punto di interesse).

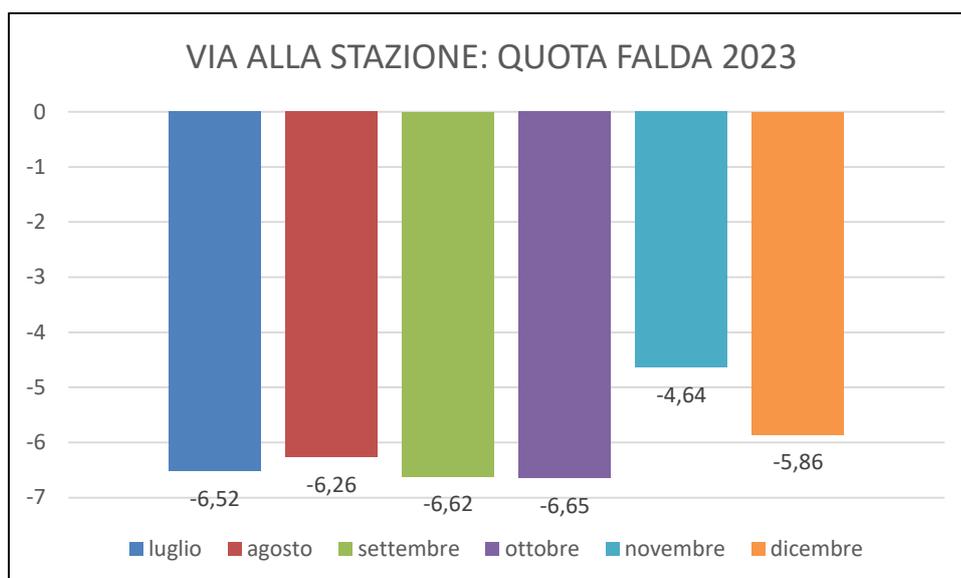


Fig. 51. Via alla Stazione, Marco: quota mensile della prima falda nel corso del 2023.

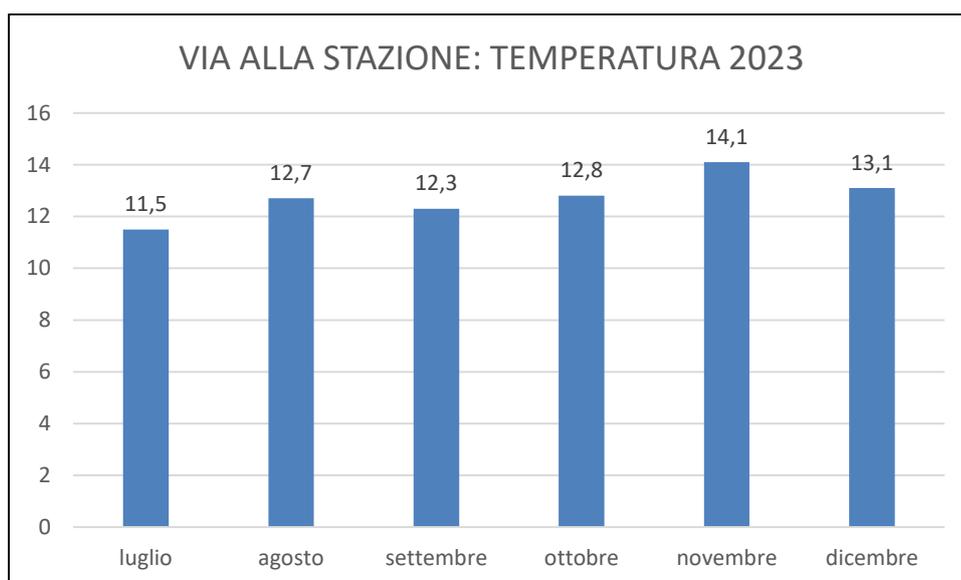


Fig. 52. Via alla Stazione, Marco: temperatura (°C) mensile della prima falda nel corso del 2023.

Pozzo di via Pinera – Marco, Rovereto

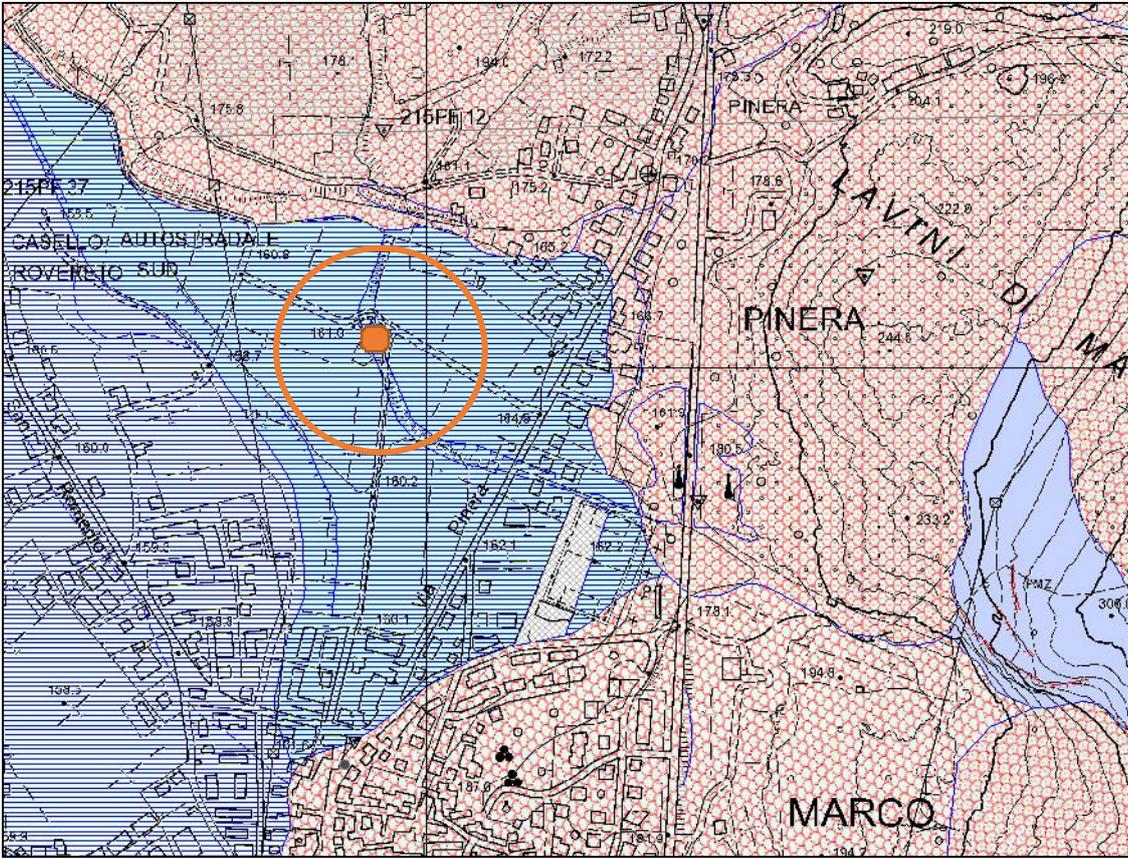


Fig. 53. Pozzo di via Pinera a Marco (estratto della Carta Geologica con circondata in arancione l'area in cui ricade il punto di interesse).

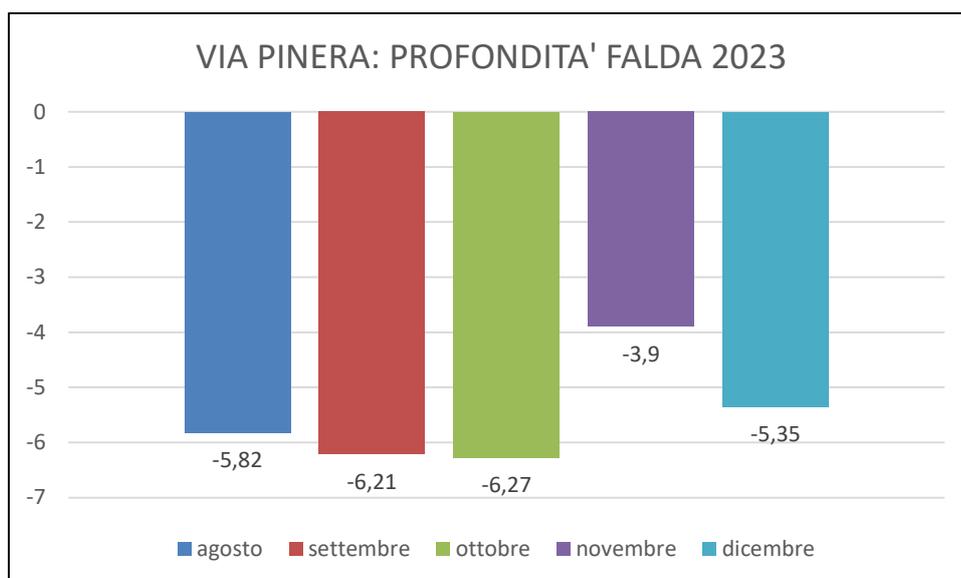


Fig. 54. Via Pinera, Marco: quota mensile della prima falda nel corso del 2023.

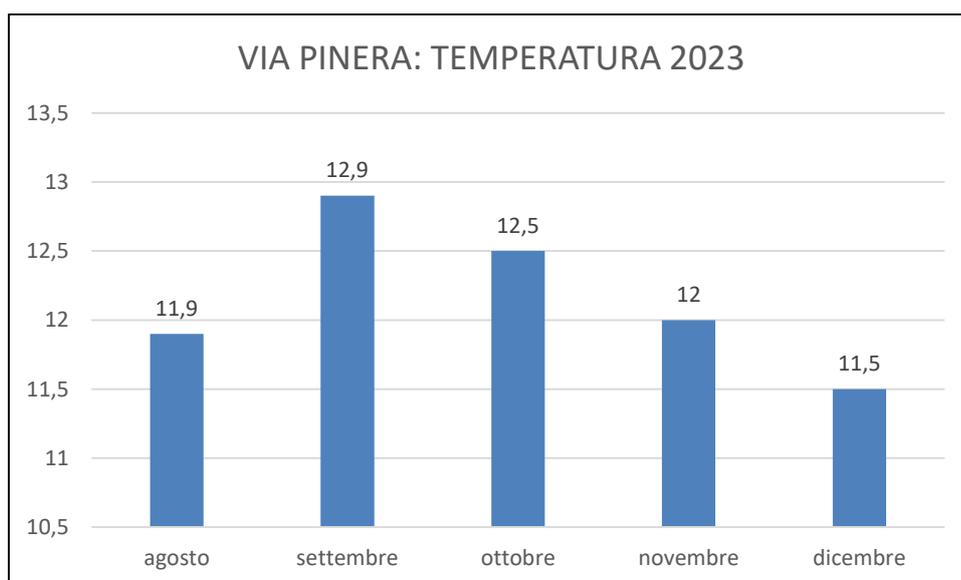


Fig. 55. Via Pinera, Marco: temperatura (°C) mensile della prima falda nel corso del 2023.

Pozzo di via alla Pineta - Rovereto

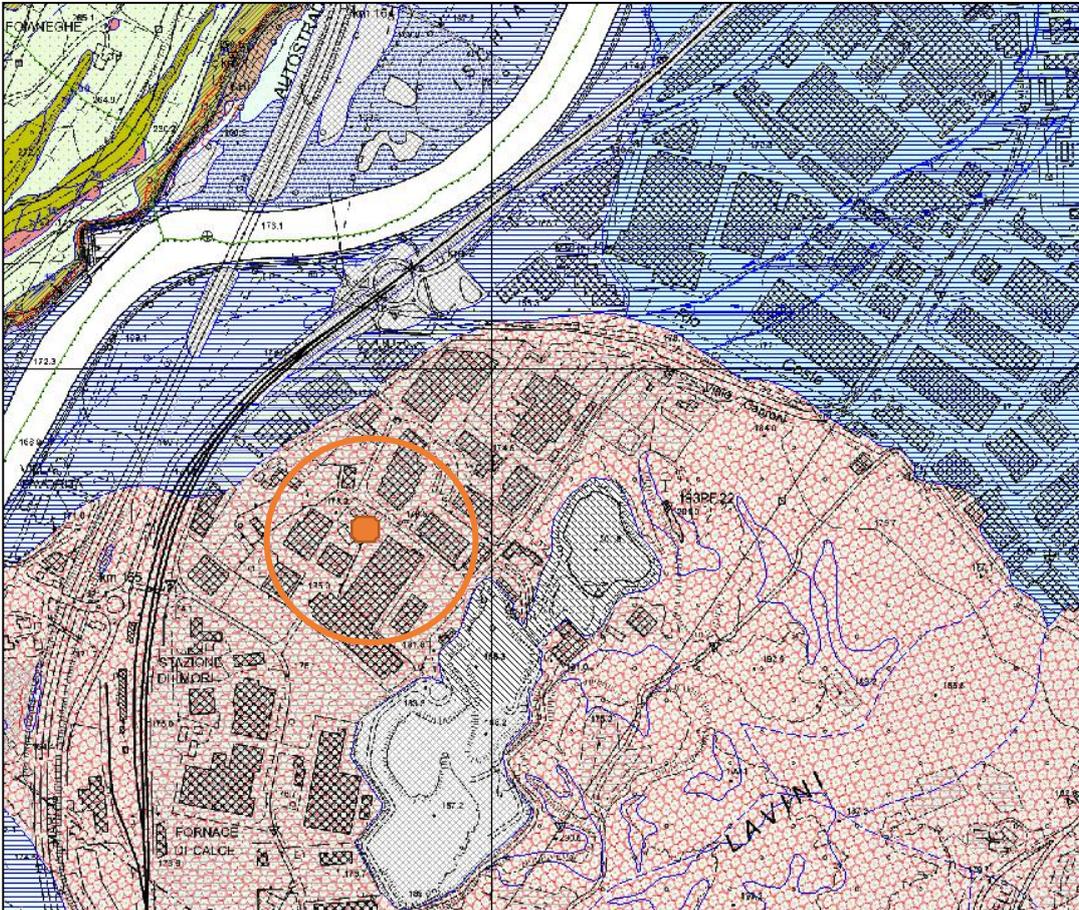


Fig. 56. Pozzo di via alla Pineta (estratto della Carta Geologica con circondata in arancione l'area in cui ricade il punto di interesse).

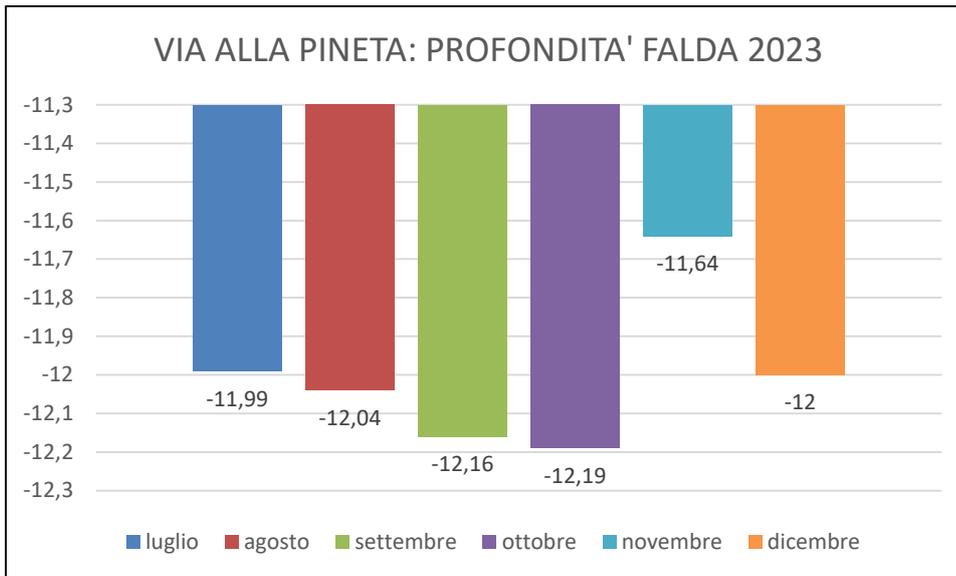


Fig. 57. Via alla Pineta: quota mensile della prima falda nel corso del 2023.

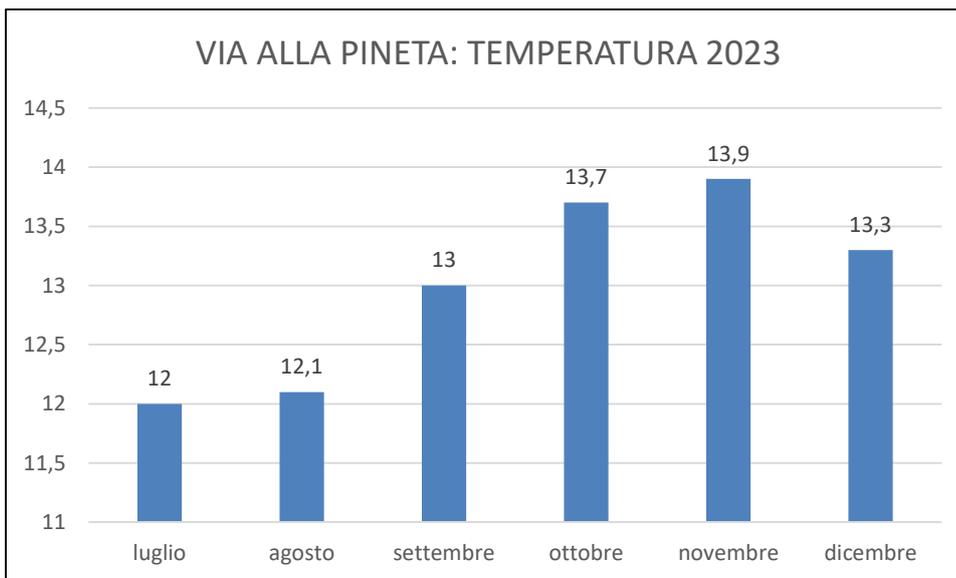


Fig. 58. Via alla Pineta: temperatura (°C) mensile della prima falda nel corso del 2023.

Pozzo Marangoni – via del Garda, Rovereto

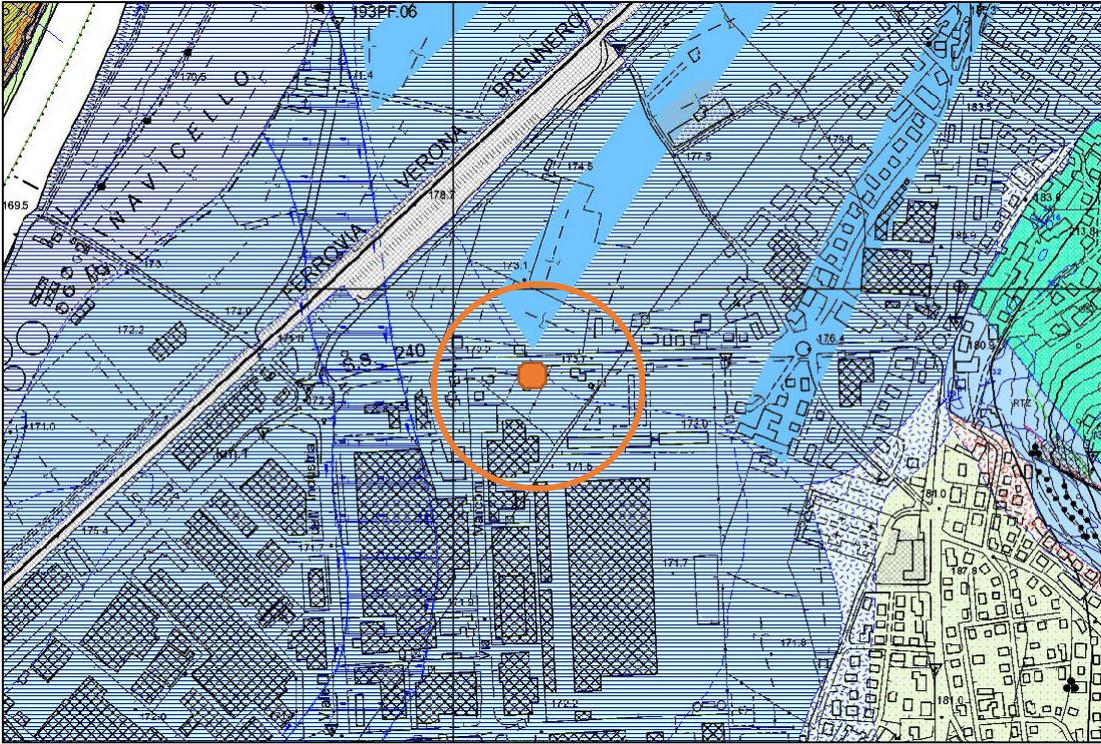


Fig. 59. Pozzo Marangoni monitorato a partire da gennaio 2024 (estratto della Carta Geologica con circondata in arancione l'area in cui ricade il punto di interesse).

Pozzo di piazzale Degasperi (Punto A) - Rovereto;
Pozzo Rover Center (Punto B) - viale Del Lavoro, Rovereto;
Pozzo Pama (Punto C) - viale Del Lavoro, Rovereto

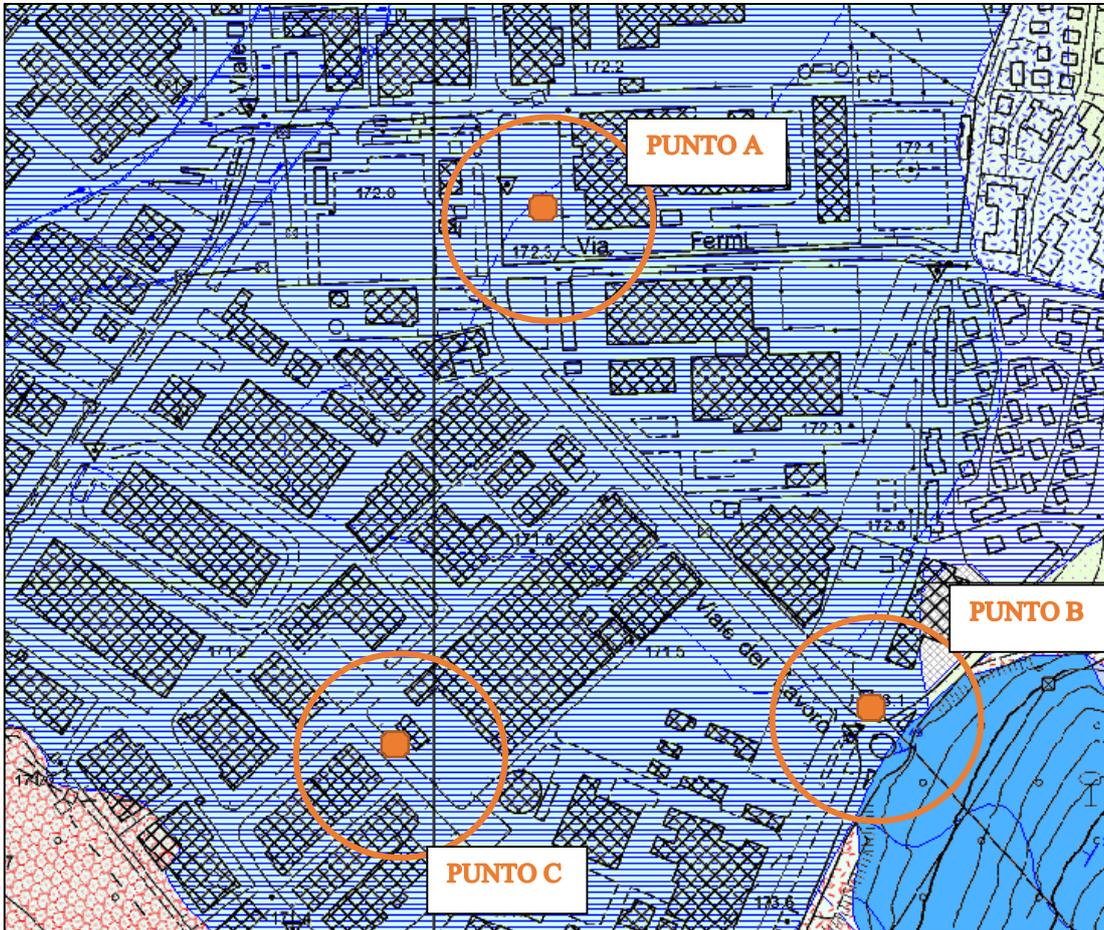


Fig. 60. Pozzi di Piazzale Degasperi (punto A), Rover Center (punto B) e Pama (punto C) a Rovereto (estratto della Carta Geologica con circondate in arancione le aree in cui ricadono i punti di interesse)

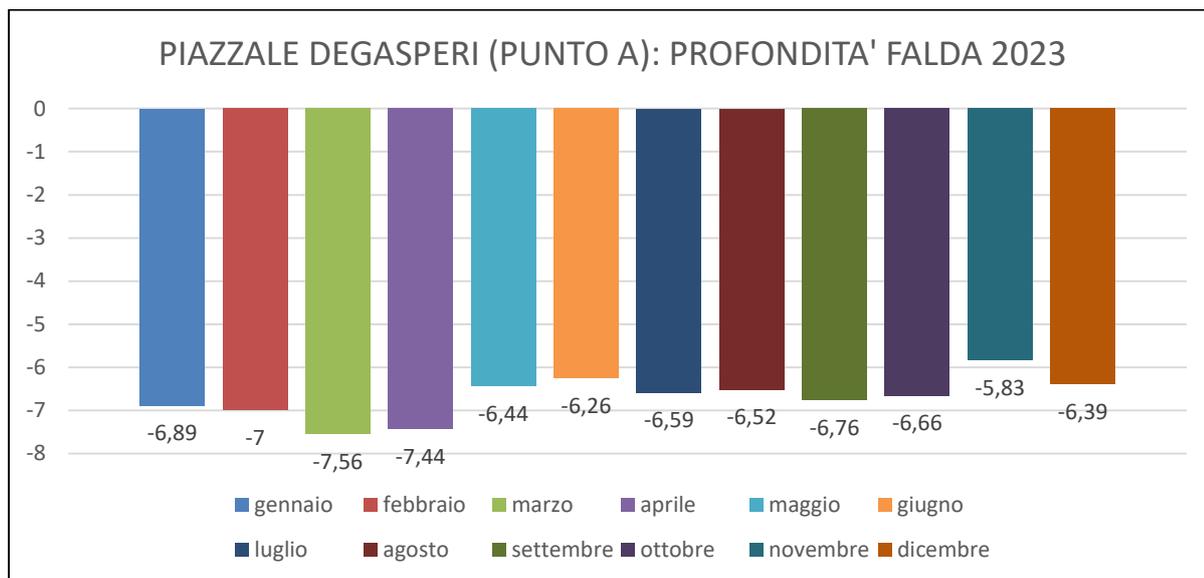


Fig. 61. Piazzale Degasperri: quota mensile della prima falda nel corso del 2023.

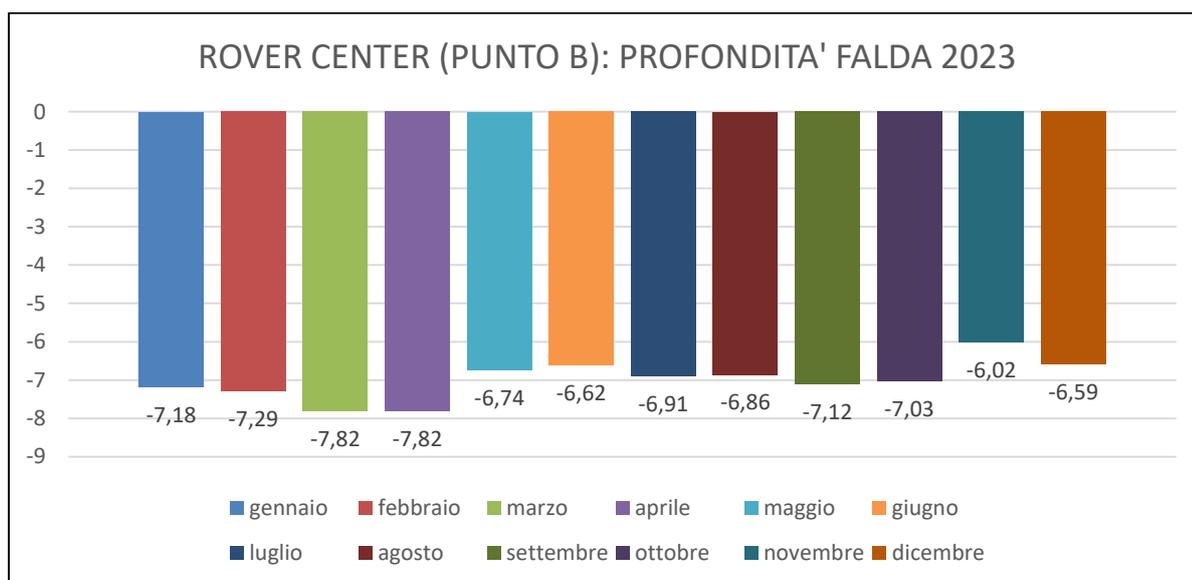


Fig. 62. Rover Center: quota mensile della prima falda nel corso del 2023.

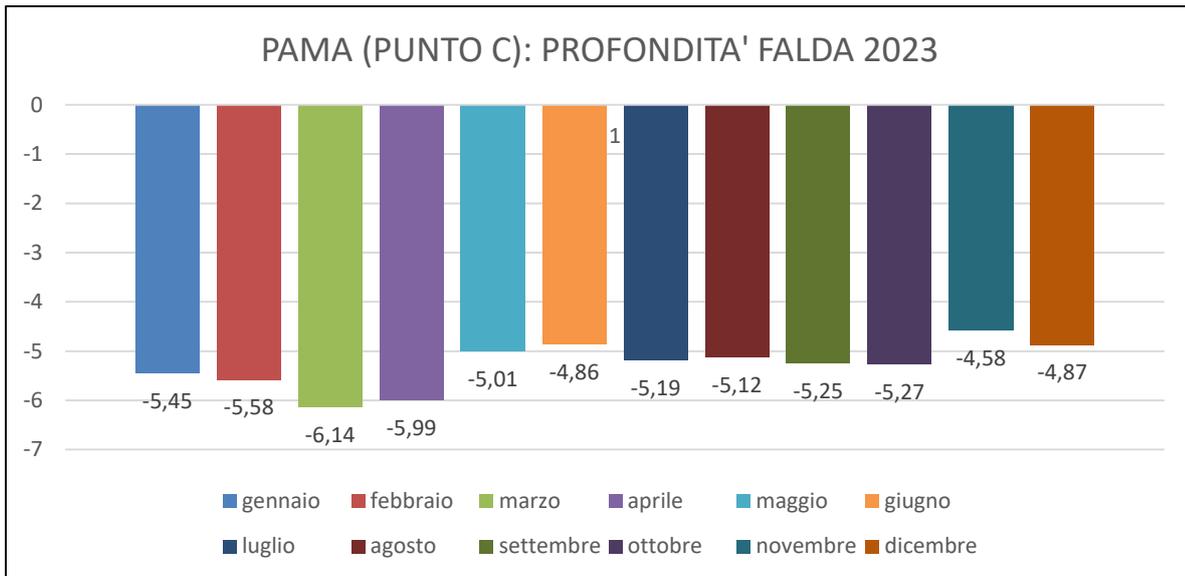


Fig. 63. Pama: quota mensile della prima falda nel corso del 2023.

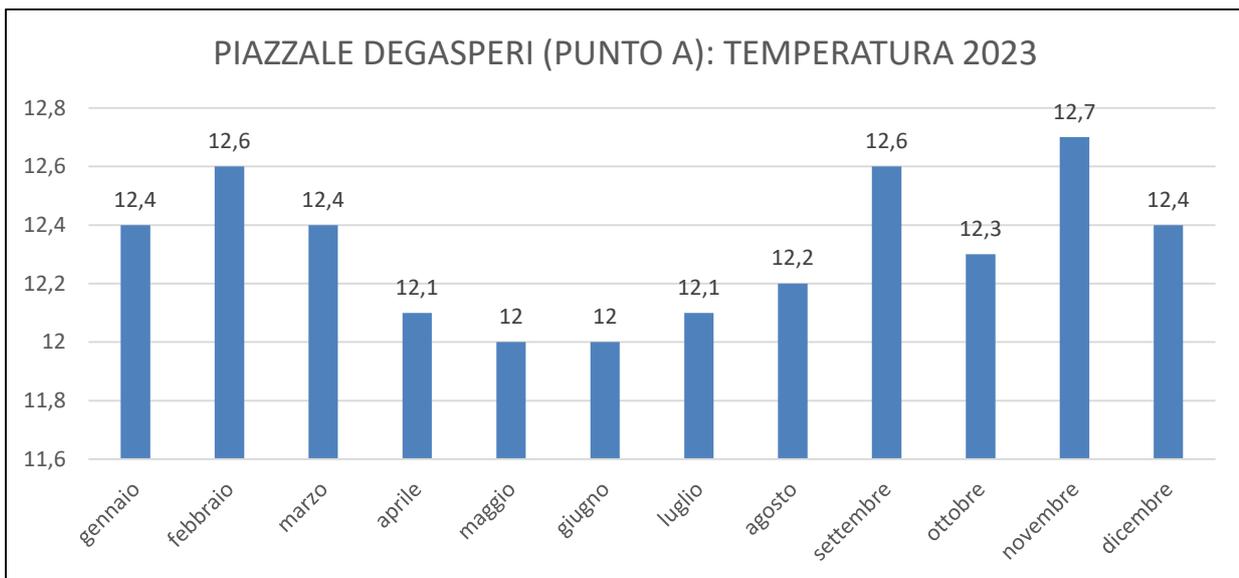


Fig. 64. Piazzale Degasperri: temperatura (°C) mensile della prima falda nel corso del 2023.

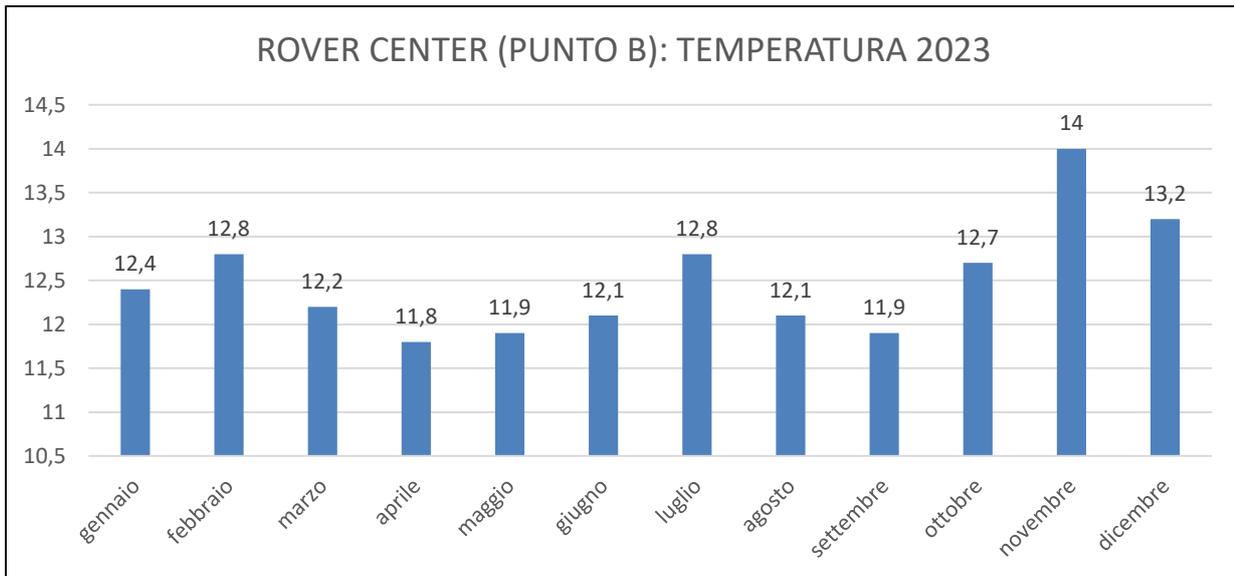


Fig. 65. Rover Center: temperatura (°C) mensile della prima falda nel corso del 2023.

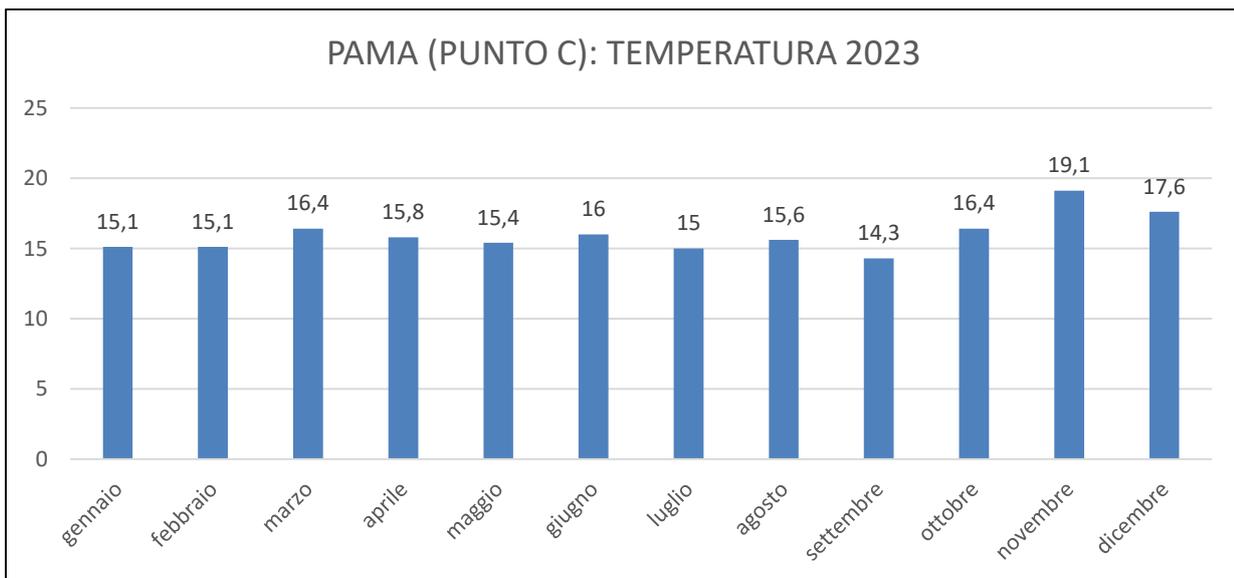


Fig. 66. Pama: temperatura (°C) mensile della prima falda nel corso del 2023.

Pozzo di via Nazionale del Brennero - Rovereto

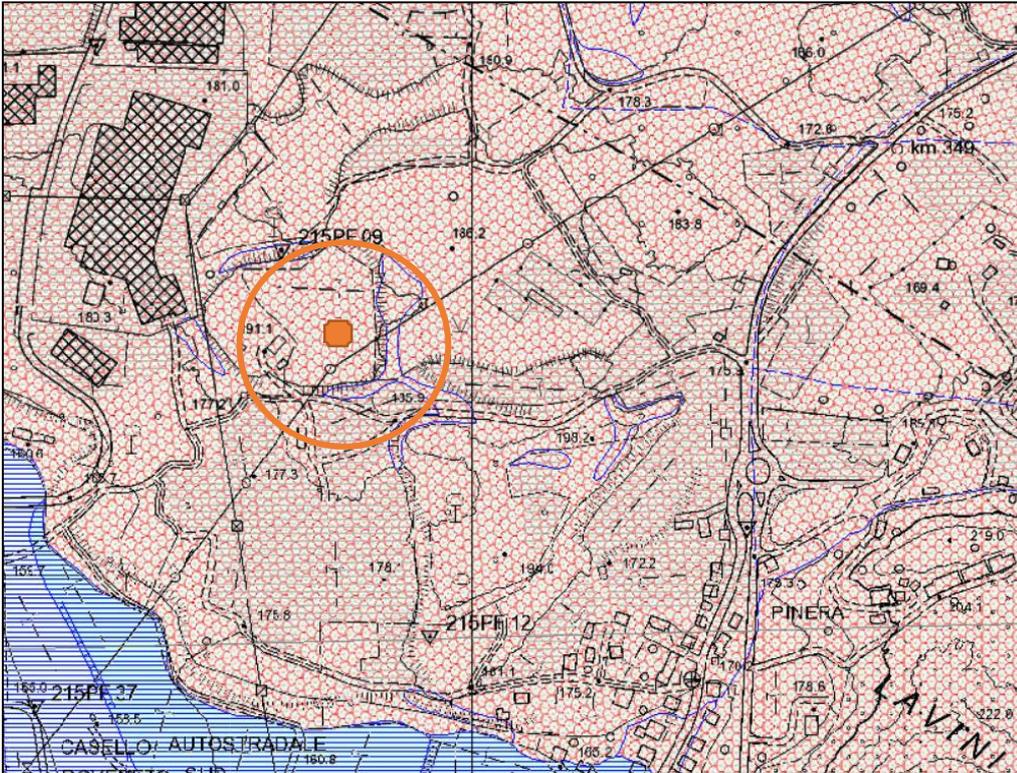


Fig. 67. Via Nazionale del Brennero, Rovereto (estratto della Carta Geologica con circondate in arancione le aree in cui ricadono i punti di interesse)

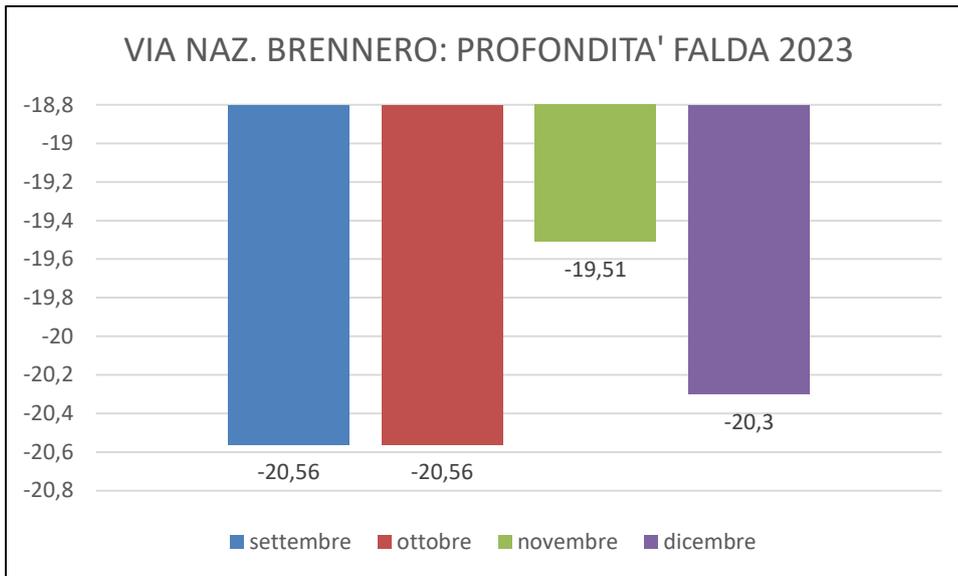


Fig. 68. Via Nazionale del Brennero: quota mensile della prima falda nel corso del 2023.

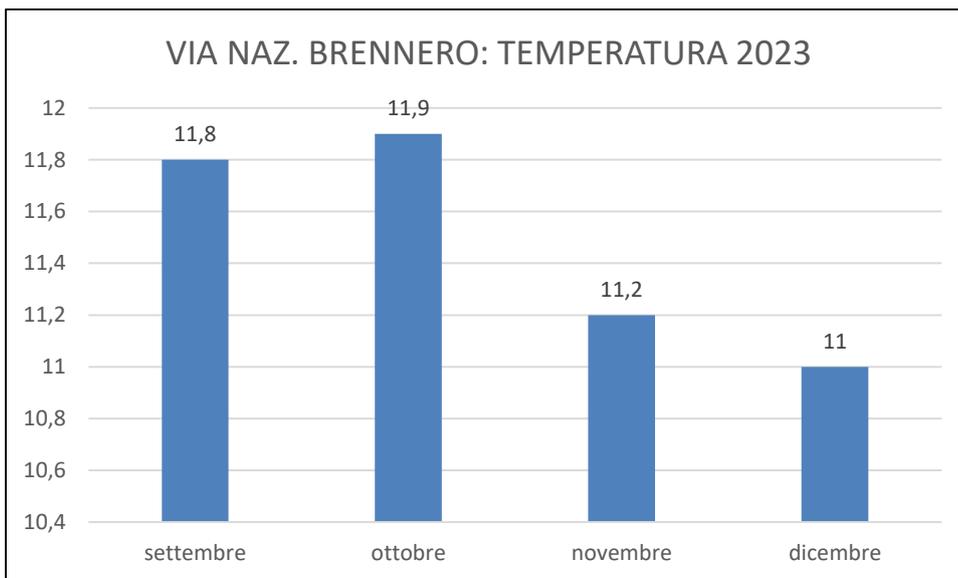


Fig. 69. Via Nazionale del Brennero: temperatura (°C) mensile della prima falda nel corso del 2023.

5. Monitoraggio entomologico della zanzara tigre

Dal 1997 il Museo Civico ha affiancato il Comune di Rovereto nel controllo della zanzara tigre al fine del contenimento dell'infestazione e della molestia oltre che del rischio sanitario. Nel 2023 l'attività di controllo di questo insetto di interesse sanitario è perseguita abbracciando, come avviene ormai dal 2011, anche i territori dei Comuni limitrofi, con un areale di studio che va da Aldeno a nord fino ad Avio a sud.

Per quanto attiene ai report degli anni precedenti sono presenti e liberamente scaricabili dal sito curato dalla Fondazione MCR, <https://zanzara.fondazionemcr.it>, riservato al progetto di monitoraggio della zanzara tigre, alla pagina dedicata:

https://zanzara.fondazionemcr.it/zanz_context_doc_bottom.jsp?ID_LINK=115076&area=227

Il grafico in figura 70, frutto delle rilevazioni dell'intera stagione di controllo (dal 9 maggio al 24 ottobre 2023, per venticinque settimane di controllo), mostra un andamento dell'infestazione in termini di intensità (espressa come numero medio di uova per ovitrappola positiva), variabile da Comune a Comune.

Anche in questa stagione, l'inverno tutto sommato mite non ha influito negativamente sulla sopravvivenza delle uova diapausanti deposte lo scorso autunno e le temperature già elevate di inizio primavera hanno consentito una rapida colonizzazione del territorio da parte di *Aedes albopictus*. L'estensione e l'intensità dell'infestazione sono cresciute fino ad inizio agosto con una certa gradualità, per poi evidenziare un deciso incremento nel periodo successivo quando la percentuale di stazioni positive ha superato la soglia del 90% e il numero delle uova mediamente deposte è passato dal valore di 60 a 100. Nelle settimane seguenti i valori sono diminuiti ma rimanendo sempre superiori a quelli dello scorso anno, sia per quanto riguarda l'estensione dell'infestazione che per l'intensità rilevata. Semplificando, la stagione potrebbe essere suddivisa in due periodi, il primo, da maggio a luglio, che possiamo considerare positivamente, con dati di rilevamento assimilabili a quelli degli anni precedenti e il secondo, da agosto a ottobre, che dobbiamo valutare invece piuttosto negativamente. Il numero medio delle uova deposte per stazione è passato dalle 548 del 2022 alle 878 uova della stagione da poco conclusa. Una situazione simile è stata rilevata anche nella Regione Emilia-Romagna (ma non nei Comuni di Trento e Bolzano) dove il monitoraggio condotto ha rilevato un incremento del numero medio di uova, rispetto al 2022, pari al 21%. Si tratta però di un incremento significativamente inferiore a quello del progetto in basso Trentino.

In questi ultimi anni, grazie ai dati raccolti dalla Fondazione Museo Civico di Rovereto si è notato che, dopo un'impennata iniziale corrispondente ai primi anni dall'arrivo in Italia e in Trentino, la presenza di questo insetto dannoso sembra essersi stabilizzata e aver arrestato la crescita, perlomeno nei comuni oggetto di costante, annuale trattamento da parte del museo.

Le postazioni di controllo sono consultabili sulla mappa di GoogleMyMaps collegata al sito EMAS, http://www.emasrovereto.it/emas_home.jsp del Comune di Rovereto.

Per il progetto di monitoraggio della zanzara tigre esiste inoltre un sito internet dedicato, sviluppato e mantenuto dalla Fondazione MCR, con i dati raccolti dal 2001 fino a tutto il 2019:

https://zanzara.fondazionemcr.it/zanz_home.jsp.

Dal 2019 in poi i dati vengono invece immessi nel sito web del tavolo di lavoro provinciale gestito dalla Fondazione Mach raggiungibile all'indirizzo <https://vettoritrentino.it/>.

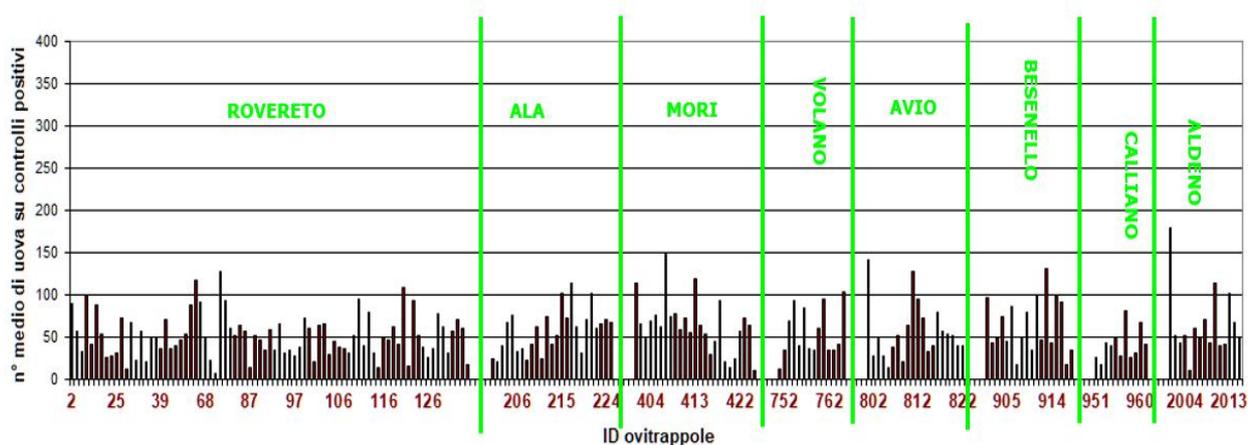


Fig. 70. Grafico del numero medio di uova su controlli positivi registrato per ciascun punto di controllo (ovitrappola) presente nei dieci Comuni indagati nel 2023 nel territorio della Vallagarina. Complessivamente, da maggio a fine ottobre 2023, si sono monitorate per 25 settimane 209 ovitrappole, di cui oltre settanta nel comune di Rovereto, distribuite dal fondovalle fin sui versanti a costituire una rete a maglie fitte.

La zanzara tigre può essere eliminata solo con un attento e costante controllo delle aree private oltre che delle aree pubbliche. I luoghi dove è più facile che le zanzare depongano le uova sono piccole raccolte d'acqua, tombini, pozzetti di scolo dell'acqua piovana, bidoni e contenitori in orti e giardini, piccole fontane, sottovasi di fiori su terrazzi e balconi, pneumatici o sacchetti di plastica abbandonati e altri oggetti che raccolgano acqua piovana.

Per evitare la schiusa bastano alcune semplici indicazioni (che molti Comuni hanno fatto proprie emettendo specifiche Ordinanze al riguardo) raccomandando di:

- Svuotare sul terreno e non nei tombini, ogni 5/6 giorni, l'acqua contenuta in sottovasi, annaffiatori, piccoli abbeveratoi, ciotole per l'acqua del cane ecc.
- Trattare con un prodotto antilarvale (ad es. a base di *Bacillus thuringiensis*) i tombini situati all'interno delle proprietà private, e nelle grondaie se non scaricano regolarmente.
- Coprire con zanzariere a maglia fine o teli di plastica, avendo cura di non lasciare fessure o creare avvallamenti dove possano formarsi ristagni, contenitori d'acqua inamovibili, come vasche, bidoni, fusti per l'irrigazione; ove possibile, svuotati completamente sul terreno almeno una volta la settimana.
- Evitare che si formino piccole raccolte d'acqua all'interno di eventuali pneumatici e copertoni presenti nelle proprietà private; sarebbe utile stoccare gli pneumatici a piramide, asciutti e coperti con un telo – senza avvallamenti – per evitare che l'acqua piovana vi ristagni. Gli pneumatici privi di copertura devono essere bucati in almeno cinque punti e disinfestati con un adulticida almeno ogni 15 giorni.
- Eliminare contenitori inutili e non abbandonare bottiglie, lattine o buste di plastica che potrebbero riempirsi d'acqua.
- Nei cimiteri: non lasciare vasetti inutilizzati pieni d'acqua, usando argilla espansa o sabbia ove possibile, cambiare frequentemente (ogni 5/6 giorni) l'acqua dei vasi con fiori freschi e introdurre nel vaso dei fili di rame (10-20 grammi / litro), da sostituire mensilmente.
- I pesci si cibano delle larve della zanzara bloccandone la riproduzione e perciò è molto utile introdurre alcuni pesci rossi nelle fontane e nelle vasche dei giardini o dei cortili, purché queste non abbiano scarico libero in torrenti e/o fiumi.

6. Monitoraggio della flora

Dal 1991 la Sezione di botanica del Museo Civico di Rovereto, oggi Fondazione, ha avviato il progetto di Cartografia Floristica del Trentino al fine di raccogliere dati distributivi di tutte le piante vascolari spontanee (autoctone, naturalizzate o casuali) su tutta la Provincia di Trento. L'attività di censimento, che considera la componente vegetale costituita dalle piante superiori (quindi pteridofite e spermatofite), ha coinvolto il territorio del Comune di Rovereto anche nel 2023, con varie uscite concentrate soprattutto nell'area centro occidentale del comune, per un totale di 1169 dati floristici raccolti e georeferenziati puntualmente (Fig. 71).

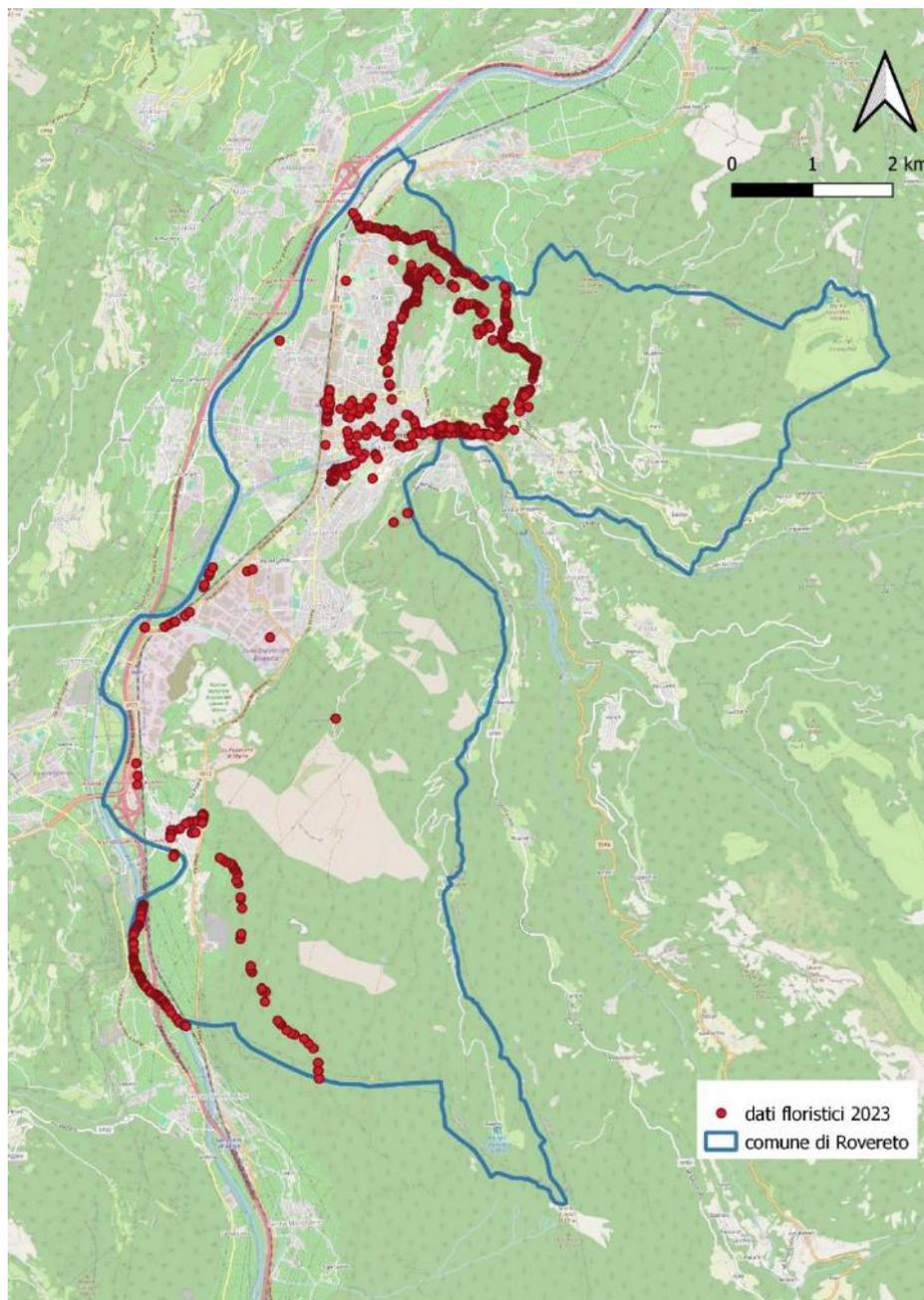


Fig. 71. Distribuzione puntuale dei dati floristici raccolti dalla sezione botanica della FMCR nel 2023

7. Monitoraggio tramite telerilevamento

Per un quadro generale ambientale, multi temporale, del territorio roveretano (vegetazione, indicazioni indirette sul primo sottosuolo, coperture degli edifici e atmosfera) si sta utilizzando dal 2017 una strumentazione propria del telerilevamento. Fino al 2022 si è adoperato sperimentalmente uno scanner iperspettrale¹³, raccogliendo delle immagini rappresentative della zona di interesse da un paio di siti panoramici affacciati sulla Vallagarina¹⁴, a cui sono stati affiancati in seguito altri strumenti di ripresa, una fotocamera per il visibile (Lumix) e una fotocamera modificata per il primo infrarosso (Canon) e infrarosso termico (con un termografo bolometrico Avio A65 per l'intervallo 8000-14000 [nm]). Occasionalmente, a ulteriore complemento, sono state eseguite delle riprese anche in multipolarizzazione e in multitemporale.

Alle ore 15.00 del giorno 21/05/2023, sono state realizzate alcune riprese dal punto collocato sulla piattaforma dell'ex tiro a segno di Lenzima di Isera¹⁵, mentre il mattino del 17/06/2023 alle 11.00, sono state effettuate le acquisizioni dalla postazione presso la strada che porta al Monte Zugna, all'altezza di Malga Tof.

Le riprese multispettrali, multitemporali e di multipolarizzazione sono impiegate per evidenziare disomogeneità presenti sulle superfici rilevate. Ad esempio il rilievo del campo della temperatura di irraggiamento è interessante, in particolare in forma multitemporale, per mettere in risalto la risposta delle superfici in relazione al materiale che le costituisce.

Si propongono di seguito (figg. 72-76) alcuni esempi di studio usando i dati raccolti in campagna. Si tratta di elaborazioni mutate dal telerilevamento facendo ricorso ai concetti di tessitura, stato delle superfici, stato vegetazionale, ecc. al fine di ottenere un quadro informativo delle condizioni del territorio alla data della ripresa e confrontabile nel tempo.

Scorrendo lo spettro elettromagnetico dal visibile (400 [nm]-700 [nm]) al primo infrarosso (700 [nm]-1000 [nm]) all'infrarosso termico (intorno 8000 [nm]-14000 [nm]) si evidenziano alcuni aspetti caratteristici: la vegetazione attiva riflette poco nel blu (440 [nm]) e nel rosso (680 [nm]), mediamente nel verde (560 [nm]), intensamente nel primo infrarosso (740 [nm]).

Nell'infrarosso termico la vegetazione tende a mantenere costante la propria temperatura rispetto alle variazioni ambientali; le zone inerti nel visibile sono definite dal colore, mentre nel primo infrarosso riflettono in minore misura se maggiormente umide. L'acqua infatti nel primo infrarosso appare scurissima (vedi esempio nella figura 72).

¹³ Sistema iperspettrale HYPERSPECTRAL imaging system "PAN & TILT" DV Optich

¹⁴ Col 2021 i siti erano diventati tre, ma nel 2022, a causa delle difficoltà di accesso al Sacario Militare di Castel Dante, si è deciso in maniera definitiva di utilizzare solo le postazioni sul Monte Zugna e presso Lenzima di Isera.

¹⁵ Gentilmente messa a disposizione dal sig. Fabrizio Todesco proprietario del terreno.

Si presenta di seguito una serie di immagini a iniziare dalla postazione di Lenzima di Isera.

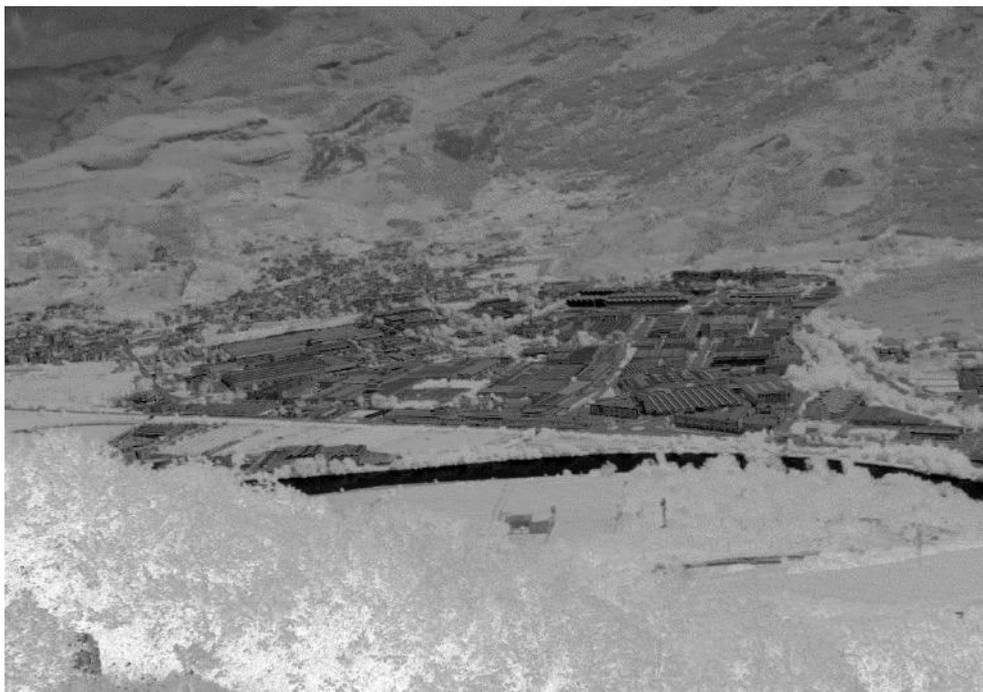


Fig. 72. Lenzima ex tiro a segno. Confronto tra l'immagine nel visibile (in alto) e l'immagine NDVI (in basso): NDVI sta per Normalized Difference Vegetation Index, che in italiano si traduce come Indice di Vegetazione a Differenza Normalizzata. È un indice comunemente utilizzato nel telerilevamento per valutare la salute e la quantità di vegetazione in una determinata area. In generale i grigi più chiari indicano una maggiore densità o salute delle piante, mentre i grigi più scuri indicano una minore densità o salute (bisogna tenere presente però che le conifere si presentano più scure delle latifoglie), oppure indicano la presenza di tipi di copertura del suolo inerti, come acqua, edifici o suolo nudo. A causa della diffusione dell'atmosfera, intensa nel blu e via via meno presente verso il rosso e il primo infrarosso, lo stato fisico della vegetazione sembra migliore nel primo piano ma è una differenza solo apparente. Osservare fra gli inerti l'estremo inferiore dato dall'acqua dell'Adige (molto scura).



Fig. 73. Lenzima ex tiro a segno. Confronto tra l'immagine nel visibile (in alto) e l'immagine del centro di radianza (in basso): quando un oggetto viene illuminato da una sorgente di luce, riflette la luce in modo diverso alle diverse lunghezze d'onda. Il centro di radianza indica il punto medio dello spettro di radianza di quell'oggetto. Il metodo esalta le piccole differenze di riflettività indipendentemente dalla geometria della superficie. Se si evidenziano differenze di colore queste stanno ad indicare una possibile deposizione di polveri o comunque un'alterazione dei materiali. Fornisce anche informazioni su classi di superficie, ossia discrimina a grandi linee i materiali delle diverse superfici.



Fig. 74. Lenzima ex tiro a segno. Confronto tra l'immagine nel visibile (in alto) e l'immagine nell'ultravioletto UV (in basso): rende le differenze dovute alle alterazioni delle superfici (un po' come fa il centro di radianza); con questa tecnica i bordi sono evidenziati in modo esasperato.

Da qui in avanti le immagini elaborate sono state rilevate dalla postazione sulla strada per Monte Zugna.



Fig. 75. Postazione sulla strada per Monte Zugna. Confronto tra l'immagine nel visibile (in alto) e l'immagine NDVI Normalized Difference Vegetation Index (in basso): in generale i grigi più chiari indicano una maggiore densità o salute delle piante, mentre i grigi più scuri indicano una minore densità o salute (bisogna tenere presente però che le conifere si presentano più scure delle latifoglie), oppure indicano la presenza di tipi di copertura del suolo inerti, come acqua, edifici o suolo nudo. A causa della diffusione dell'atmosfera, intensa nel blu e via via meno presente verso il rosso e il primo infrarosso, lo stato fisico della vegetazione sembra migliore nel primo piano ma è una differenza solo apparente. Osservare fra gli inerti l'estremo inferiore dato dall'acqua dell'Adige (molto scura).



Fig. 76. Postazione sulla strada per Monte Zugna. Confronto tra l'immagine nel visibile (in alto) e l'immagine del centro di radianza (in basso): quando un oggetto viene illuminato da una sorgente di luce, riflette la luce in modo diverso alle diverse lunghezze d'onda. Il centro di radianza indica il punto medio dello spettro di radianza di quell'oggetto. Il metodo esalta le piccole differenze di riflettività indipendentemente dalla geometria della superficie. Se si evidenziano differenze di colore queste stanno ad indicare una possibile deposizione di polveri o comunque un'alterazione dei materiali. Fornisce anche informazioni su classi di superficie, ossia discrimina a grandi linee i materiali delle diverse superfici.

8. Conclusioni

Il monitoraggio ambientale eseguito dalla Fondazione MCR sul territorio comunale di Rovereto nell'anno 2023 ha riguardato, in conclusione, i seguenti ambiti:

- Il monitoraggio della qualità dell'aria in zona industriale a Lizzana, in termini di odori, tramite strumentazione Pen3Meteo (naso elettronico) e per mezzo di cittadini segnalatori che collaborano sistematicamente al progetto di monitoraggio (nasi umani). Nasi umani e naso elettronico hanno fotografato una condizione abbastanza simile, ossia la presenza di una molestia odorigena modesta per la maggior parte dell'anno, tranne che per i mesi di agosto, settembre, ottobre, dove si sono concentrati circa i due terzi degli episodi rilevati nell'intero 2023.

In totale si sono avute 74 comunicazioni da parte dei cittadini collaboratori e 88 rilievi sopra soglia da parte del naso elettronico.

Alla luce di questi dati, l'anno 2023 risulta essere stato sensibilmente peggiore rispetto non solo al 2022, ma pure al 2021, anche se con frequenze ben lontane da quelle dei precedenti anni di monitoraggio dal 2016 al 2020, dove i numeri delle segnalazioni umane erano state da due a tre volte superiori (fig. 13).

Anche nel 2023 si è riscontrato un fenomeno che si verifica praticamente ogni anno, in cui, secondo i cittadini collaboratori, a periodi di (relativa) bassa molestia odorosa, si alternano momenti, di alcuni mesi, di recrudescenza del fastidio. Negli ultimi anni però gli intervalli problematici sono diventati più brevi dei precedenti, arrivando a durare circa due tre mesi (fig. 14).

- Il monitoraggio della qualità dell'aria in ZTL a Rovereto in termini di polveri totali sospese (TSP). Anche per l'anno 2023 il campionamento con la strumentazione del laboratorio mobile comunale in ZTL, ha mostrato, per le settimane di attività, la presenza di una quantità di polveri sottili ben al di sotto dei limiti normativi, con “valori medi calcolati” per le PM10 sensibilmente più bassi rispetto alla centralina di APPA posta in via Manzoni e forse più simili (o addirittura minori) a quelli rilevati sul Monte Gaza (1600 m slm). I valori di concentrazione delle polveri nell'aria di Rovereto, nei periodi considerati, in via Roma, Via Tartarotti e via Dante, sono risultati quindi ampiamente al di sotto dei limiti di legge e apparentemente molto simili a quelli di zone remote.

- Il monitoraggio meccanico della qualità dell'aria in ZTL a Rovereto in termini di metalli pesanti. Il discorso iniziato con le polveri sottili può essere esteso anche ai metalli pesanti. Infatti il campionamento con la strumentazione del laboratorio mobile comunale, ha evidenziato, anche nelle settimane di attività del 2023, come i valori giornalieri dei vari metalli pesanti presenti nell'aria siano stati solitamente ampiamente al di sotto dei limiti di concentrazione media annua raccomandati dall'OMS per la protezione della salute umana. Questo è avvenuto su tutte e tre le vie cittadine, andando a rientrare sempre in quantità che sarebbero state tipiche di zone remote, tranne che per lo Zinco e il Vanadio in via Tartarotti e per il Cromo in via Dante, che hanno invece avuto concentrazioni medie proprie dei centri urbani.

Il campionamento ha fotografato quindi una situazione certamente positiva riguardo la qualità dell'aria, con sporadici, lievi momenti di peggioramento che però non hanno compromesso le buone condizioni medie generali.

Il campionamento tramite bioaccumulo lichenico sospeso per gli anni 2023-2024 verrà invece ripreso nel 2025.

- Il monitoraggio del livello della falda acquifera nella zona industriale di Rovereto. Nel 2023 le misurazioni riflettono la dinamica delle precipitazioni con una certa omogeneità tra tutti i pozzi controllati. Un evento significativo nel mese di novembre ha confortato questa stretta relazione tra quota della falda superficiale, livello del fiume Adige e precipitazioni atmosferiche. I tecnici del Museo Civico hanno infatti effettuato un'uscita specifica per rilevare la quota della falda nei pozzi della zona industriale dopo le intense piogge del 5 e 6 novembre ed hanno constatato la riposta immediata e coerente del livello del tetto di falda nei vari pozzi monitorati con un innalzamento repentino variato tra 1,5 e 2 metri. La quota media dell'anno 2023 è stata di 166,45 m slm.

- Il monitoraggio della infestazione da zanzara tigre a Rovereto e nei comuni limitrofi. Come negli anni precedenti anche l'inverno 2022-23, tutto sommato mite, ha favorito la sopravvivenza delle uova diapausanti deposte durante l'autunno e le temperature già elevate di inizio primavera hanno consentito una rapida colonizzazione del territorio da parte di *Aedes albopictus*. L'estensione e l'intensità dell'infestazione sono cresciute con gradualità da maggio a luglio, che però possiamo considerare comunque positivamente, con dati di rilevamento assimilabili a quelli degli anni precedenti, mentre da agosto a ottobre vi è stato un forte peggioramento con una infestazione invece decisamente più marcata. Il numero medio delle uova deposte per stazione è passato dalle 548 del 2022 alle 878 uova della stagione da poco conclusa.

- Il monitoraggio della flora spontanea. Questo avviene con un'attività di censimento che considera gran parte della componente vegetale e ha coinvolto il territorio del Comune di Rovereto anche nel 2023, con più uscite per un totale di 1169 record floristici raccolti.

- Il monitoraggio dell'ambiente nella zona industriale di Rovereto tramite telerilevamento.

La serie temporale rilevata finora va dal 2018 al 2023 e ha potuto mostrare il buono stato di salute del vegetato nell'intorno della zona industriale. In termini di inquinamento da polveri invece le immagini elaborate fino al 2022 hanno permesso di riscontrare un cambiamento nel corso del tempo, ma non hanno consentito di quantificare in maniera assoluta questa variazione, perciò da quest'anno si è interrotto il rilievo tramite scanner iperspettrale.

Quanto qui sinteticamente descritto va a costituire un ulteriore tassello di un impianto conoscitivo multitemporale e interdisciplinare della situazione del territorio roveretano; strumento informativo utile per gli amministratori ma a disposizione anche della cittadinanza interessata alle tematiche ambientali (http://www.emasrovereto.it/emas_dati).

Le ricerche svolte negli anni vanno a costruire una serie storica informatizzata costituita da una mole di dati imponente che consente la valutazione comparata di aspetti diversi tra loro potenzialmente connessi.

Per il futuro si ritiene importante continuare su questa strada, proseguendo con le linee di monitoraggio collegate alla qualità dell'aria, integrando biomonitoraggio e misura delle polveri da un lato e mappatura degli odori dall'altro.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Unità Organizzativa Tutela dell'Aria e Agenti Fisici di Appa nella figura del Sostituto Direttore Gabriele Tonidandel e del Funzionario Valentina Miotto per il condizionamento e la pesatura dei filtri utilizzati nelle sessioni di campionamento delle polveri sottili, per gli utili e fattivi consigli tecnici.

Si ringraziano, per il Laboratorio di Dolomiti Energia Holding S.p.A., Marco Visintainer e Bortolini Claudio, per le analisi sui metalli pesanti.

Si ringrazia il sig. Fabrizio Todesco per avere permesso l'accesso alla piattaforma dell'ex tiro a segno di Lenzima di Isera per poter effettuare le riprese di telerilevamento.

APPENDICE

Note esplicative all'analisi tramite telerilevamento

Centro di radianza

Il centro di radianza CRAD è il centro di massa della radiazione riflessa:

$$CRAD = (\sum_i b_i R_i) / (\sum_i R_i)$$

Esprime la posizione nello spettro “prevalente” reso dalle bande contigue R_i entro l'intervallo esplorato. Le costanti b_i rappresentano una serie numerica proporzionale alla posizione delle bande R_i nello spettro esplorato.

Indice di vegetazione

La densità della copertura vegetale viene correntemente descritta dalla relazione

$$NDVI = (I_{rf} - R) / (I_{rf} + R)$$

dove I_{rf} è l'intensità della radiazione riflessa nel primo infrarosso (intorno 700÷800 [nm]) e R l'intensità riflessa della regione del rosso R (intorno 600÷650 [nm]). Talvolta, per esigenze operative, in luogo del valore di riflessione nel rosso si adotta la riflessione nel blu. Si tratta, comunque, di paragonare una regione dello spettro dove la vegetazione con fotosintesi attiva riflette (e trasmette) intensamente la radiazione solare incidente con una regione in cui prevale l'assorbimento per i processi di fotosintesi (il rosso e il blu) e quindi la riflessione (e trasmissione) è minima.