

**Fondazione Museo Civico di Rovereto**

**Attività di monitoraggio ambientale  
2020**

**Comprensiva delle analisi dei dati odorigeni  
dell'ultimo trimestre 2020**

Rovereto, febbraio 2021

A cura di  
Fondazione Museo Civico di Rovereto

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. MONITORAGGIO AMBIENTALE .....</b>	<b>4</b>
2.1 MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA: MOLESTIA ODORIGENA .....	4
STAZIONE AUTOMATICA DI RILEVAZIONE PEN3METEO (NASO ELETTRONICO) .....	4
RETE DEI CITTADINI SEGNALETTORI (NASI UMANI) .....	12
MANUTENZIONE, SOPRALLUOGHI E INDIVIDUAZIONE DI NUOVE SORGENTI ODORIGENE .....	18
2.2 MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA: INQUINANTI E POLVERI SOTTILI .....	19
RILEVAZIONE DELLE POLVERI SOTTILI.....	19
RILEVAZIONE DEI METALLI PESANTI.....	22
2.3 MONITORAGGIO DELLA PRIMA FALDA .....	29
2.4 MONITORAGGIO ENTOMOLOGICO DELLA ZANZARA TIGRE.....	30
2.5 MONITORAGGIO DELLA FLORA .....	31
2.6 MONITORAGGIO IPERSPETTRALE .....	31
<b>3. CONCLUSIONI.....</b>	<b>40</b>
<b>RINGRAZIAMENTI .....</b>	<b>40</b>
<b>APPENDICE .....</b>	<b>41</b>

## 1. Premessa

La presente relazione costituisce un compendio delle attività di monitoraggio ambientale svolte dalla Fondazione MCR nel corso del 2020 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 anche nella sua 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 di Rovereto; i rilievi geofisici di tipo geoelettrico anche in chiave multitemporale; 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 nel 2014 e nel 2016 su una rete di controllo, frutto del censimento lichenico svolto sul territorio roveretano nel 2013, fino alla campagna del 2019).

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 di misura delle polveri sottili. In più, in maniera sperimentale, è stato anche avviato un progetto di rilievo del territorio con la tecnica dell'iperspettrale.

Nel controllo ambientale vanno inoltre annoverati il monitoraggio entomologico di insetti molesti di interesse sanitario, quali la zanzara tigre (dal 1997 ad oggi) e i flebotomi (campagne di misura 2002 e 2004 con il supporto dell'Istituto Superiore di Sanità), e di insetti di interesse ecologico, come la *Vespa velutina* (2016; 2017) meglio nota come calabrone asiatico. 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 nel sistema WebGis collegato al sito EMAS, [http://www.emasrovereto.it/emas\\_home.jsp](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](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/>. Di seguito verrà dedicato un paragrafo di approfondimento agli ambiti di ricerca portati avanti nel 2020.

## 2. Monitoraggio ambientale

Il monitoraggio ambientale ha riguardato nel 2020 le matrici aria (sia in termini di odore che di polveri sottili) e acqua, oltre alle componenti entomologiche e floristiche. La campagna di biomonitoraggio della qualità dell'aria tramite licheni epifiti, eseguita l'ultima volta a gennaio 2019, vorrebbe essere ripetuta nello stesso periodo anche nel 2022 (in modo da avere il periodo di controllo confrontabile anche con quello delle precedenti campagne di indagine 2014 e 2016) e avere così una serie temporale esplicativa della naturalità ambientale del comune di Rovereto.

### 2.1 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 nel 2020 con la strumentazione Pen3Meteo, detta “naso elettronico”, per i periodi gennaio–aprile e maggio–agosto, si rimanda ai rispettivi report tematici consultabili on-line nella pagina “DATI” del sito EMAS ([http://www.emasrovereto.it/emas\\_dati](http://www.emasrovereto.it/emas_dati)). Dalla stessa pagina si può 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 2020 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 al 2019) e a breve sarà pubblicata la versione aggiornata fino a tutto il 2020 (Figg. da 2 a 5 e Fig. 11).

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 settembre 2020 al 31 dicembre 2020 la quantità di dati raccolti è stata la seguente<sup>1</sup>:

- ✓ Giorni di misura: 122 (aggiornato al 31/12 compreso)
- ✓ N. totale misure: 25674 (aggiornato al 31/12 compreso)
- ✓ N. misure al giorno: ca. 210.

Nel corso dell'intero anno 2020 i dati raccolti sono invece i seguenti:

- ✓ Giorni di misura: 339 (aggiornato al 31/12 compreso)
- ✓ N. totale misure: 70913 (aggiornato al 31/12 compreso)
- ✓ N. misure al giorno: ca. 209.

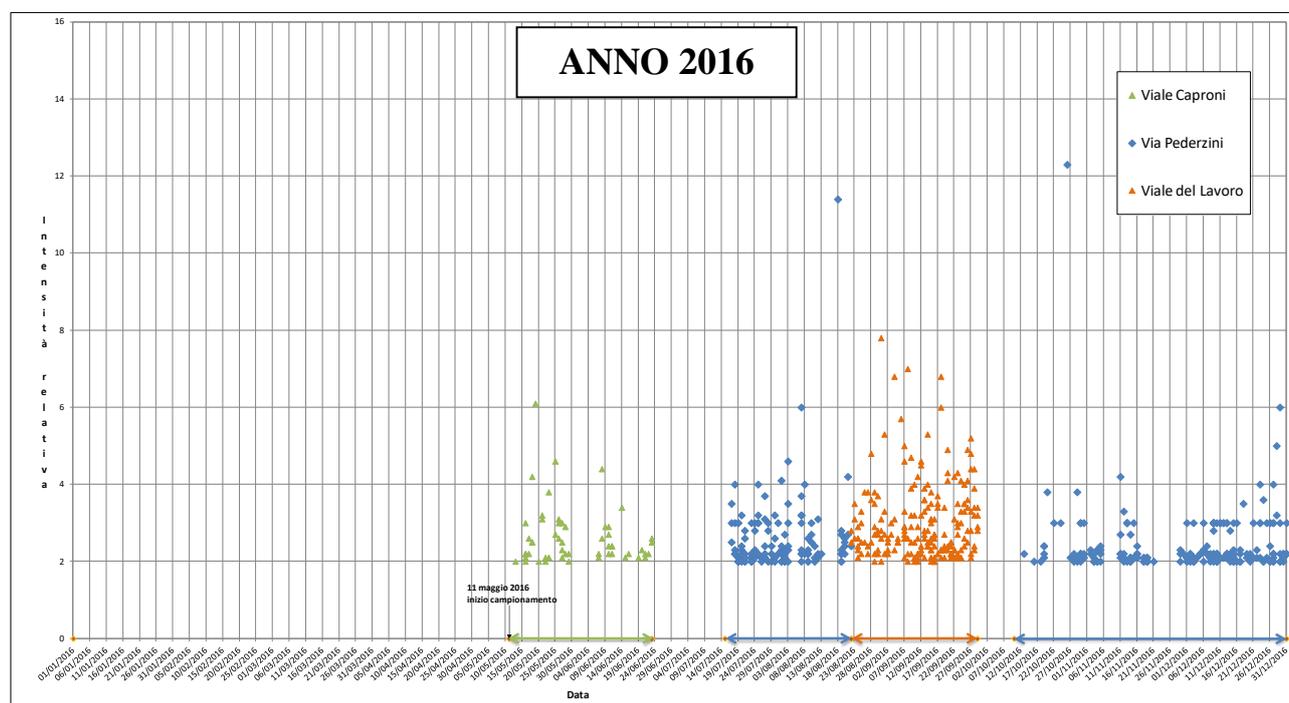
Le misure acquisite dal naso elettronico sono confrontate in automatico dal software WinMuster, tramite l'operazione statistica di correlazione, con le sorgenti odorigene campionate finora, vale a dire le emissioni degli impianti Suanfarma (ex Sandoz), Aquaspace, Discarica e Depuratore e con la cosiddetta "aria base", corrispondente alla misura dell'aria di fondo (che rappresenta l'aria priva, a detta delle persone presenti presso il punto di monitoraggio, di un particolare odore e considerata convenzionalmente inodore).

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

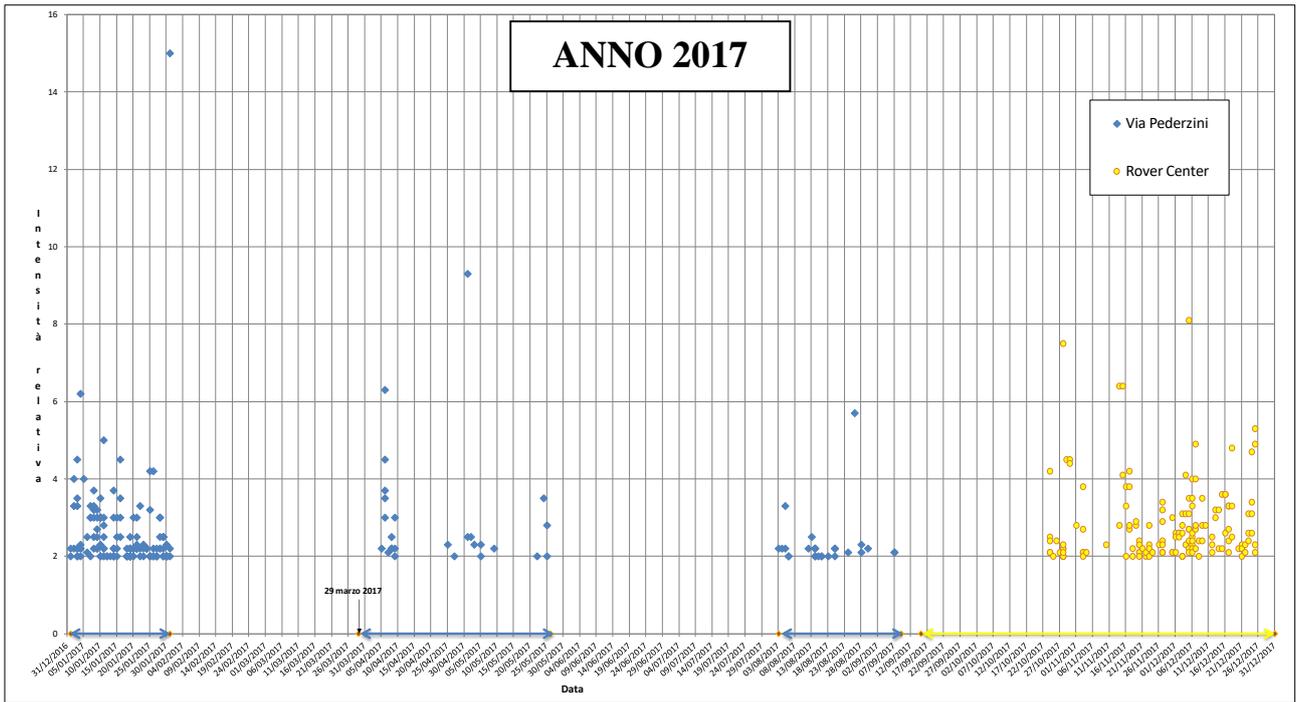
<sup>1</sup> Anche se per l'ultima parte dell'anno 2020 (novembre e dicembre) c'è il sospetto di una anomalia nel sistema di acquisizione dei dati del naso elettronico, le misure perciò, devono essere considerate col "beneficio del dubbio".

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 relative alla 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.

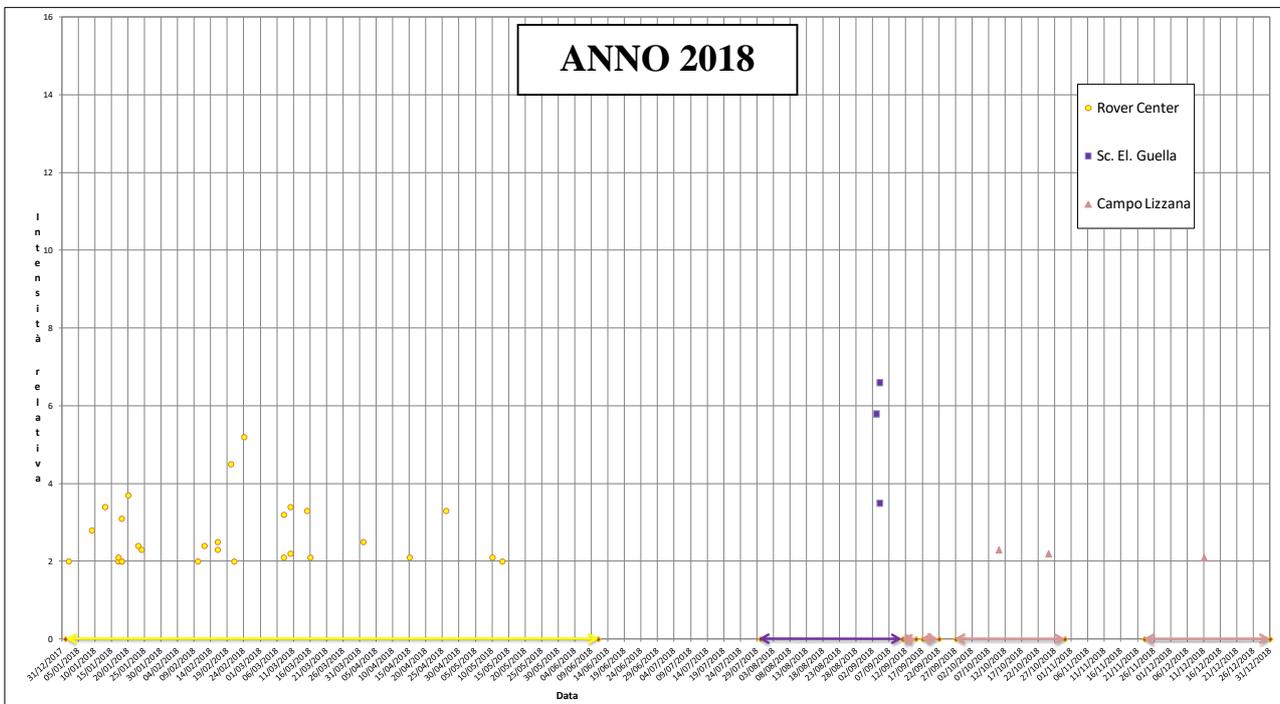
Di seguito si riportano i grafici, costruiti per i singoli anni dal 2016 al 2020, pertinenti agli eventi odorigeni con intensità relativa pari o superiore al livello 2, aggiornati al 31 dicembre 2020 (Figg. 2-6). Comprendono e considerano tutti i periodi di rilevazione in continuo effettuati dal naso elettronico da maggio 2016 a fine 2020. 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 è stata riposizionata nel medesimo luogo.



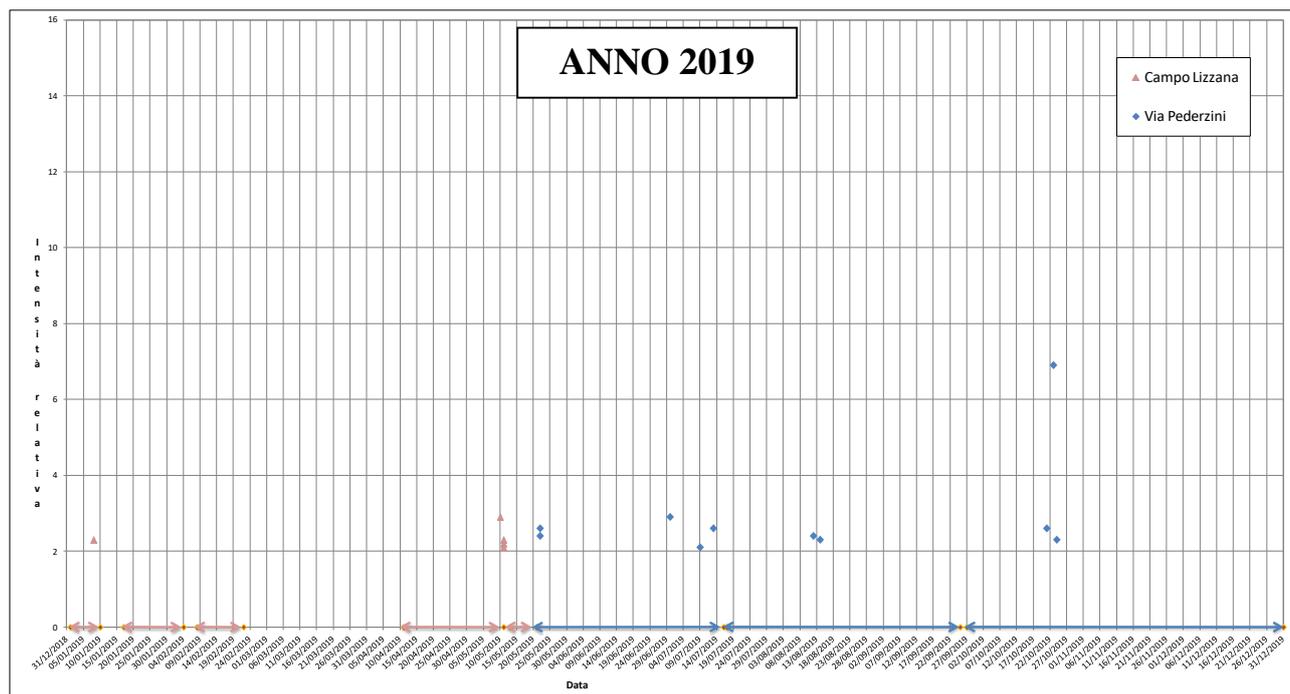
**Fig. 2.** Grafico dell'andamento nel tempo (dall'11 maggio 2016 al 31 dicembre 2016) dei periodi con intensità relativa dell'odore pari o superiore a 2. Le frecce orizzontali sull'ascissa rappresentano gli intervalli temporali in cui la strumentazione Pen3Meteo ha registrato in continuo.



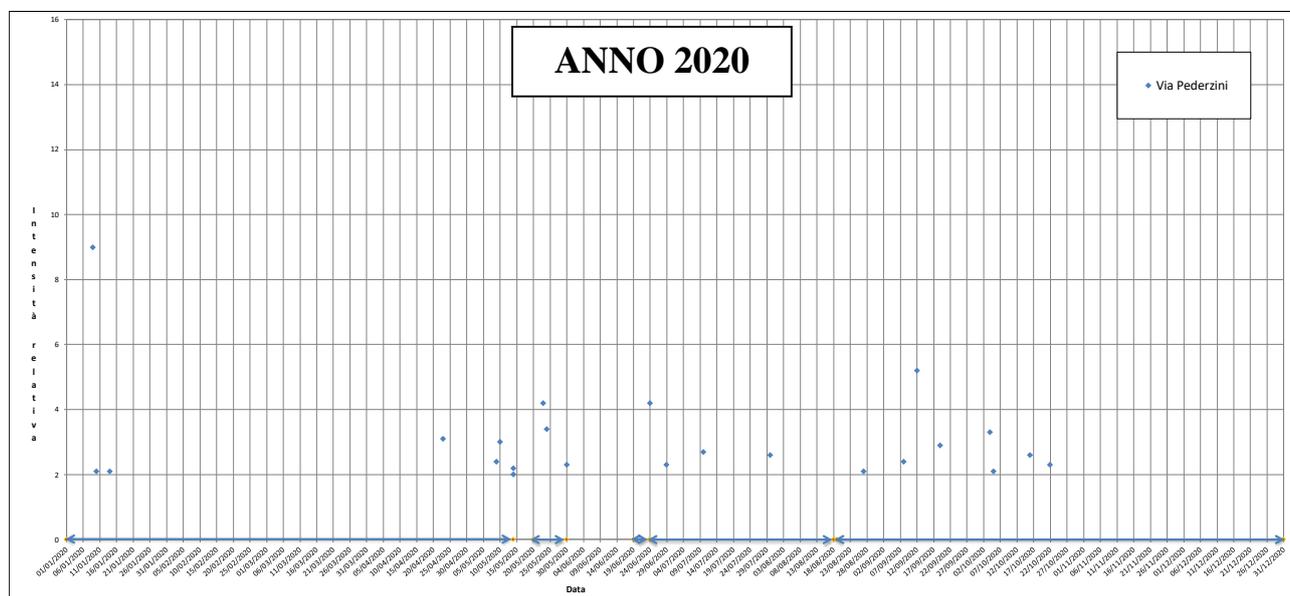
**Fig. 3.** Grafico dell'andamento nel tempo (dal 1 gennaio 2017 al 31 dicembre 2017) dei periodi con intensità relativa dell'odore pari o superiore a 2. Si osservi che dal 29 marzo 2017 è divenuto operativo il sistema di abbattimento odori della Azienda Sandoz S.p.a. Le frecce orizzontali sull'ascissa 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.

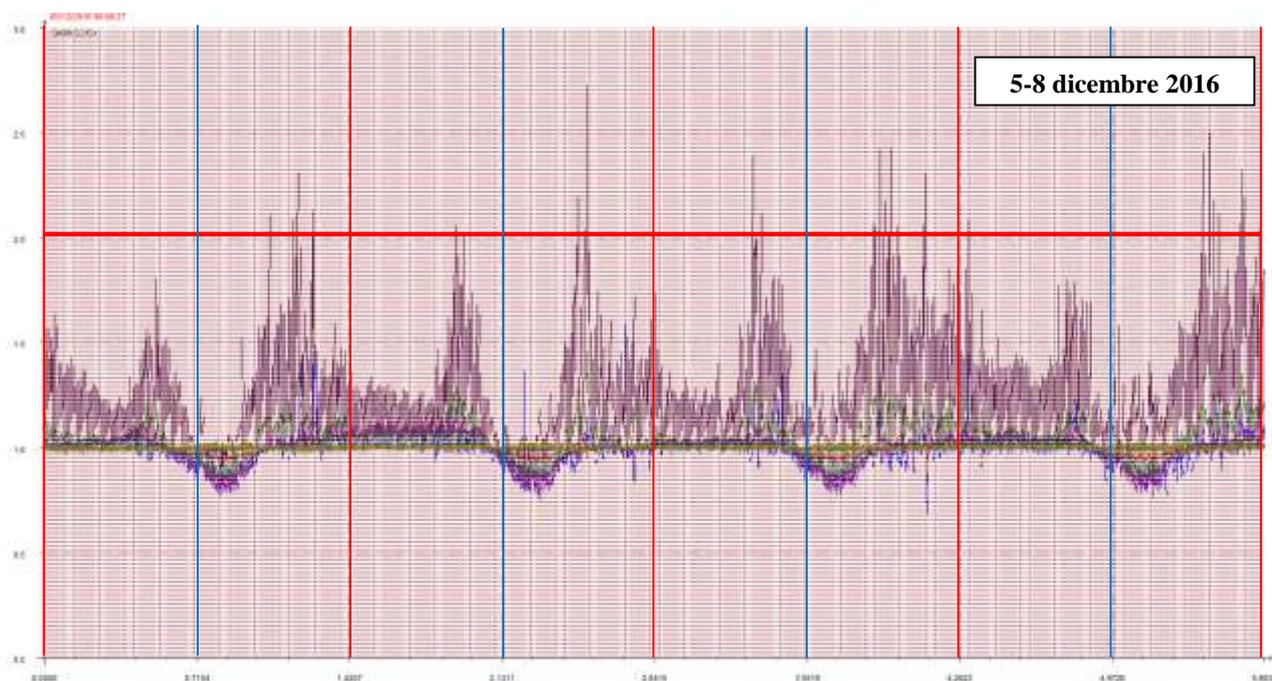
I grafici (compreso quello di fig. 11) mostrano per i periodi di acquisizione, il diradarsi della molestia dopo l'entrata in funzione, a fine marzo 2017, del sistema di abbattimento odori dell'azienda Sandoz

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 nel corso del 2019 così come nel 2020.

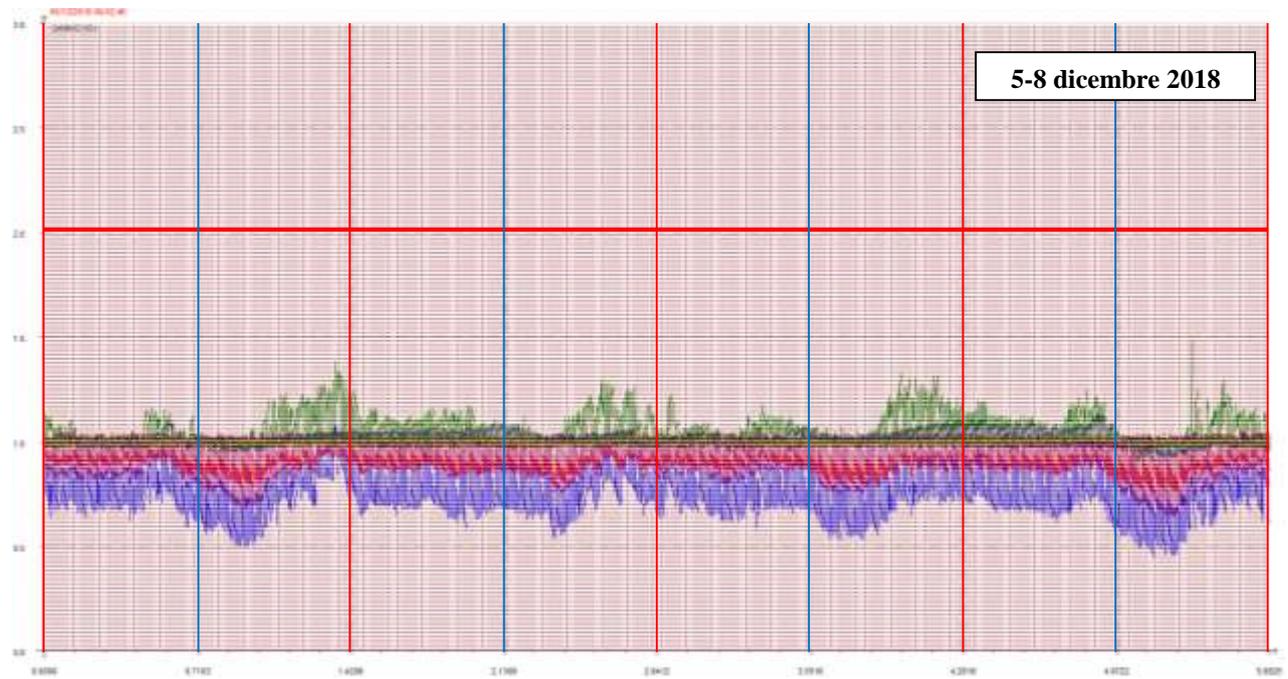
Nel corso di quest'anno sono stati registrati dalla strumentazione 22 casi con odori al di sopra della soglia relativa 2, in particolare durante la stagione calda. Questa soglia è stata ritenuta significativa e rappresentativa di condizioni di sicura molestia, ciò non di meno si ravvisa sempre più frequentemente (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 percepibile (in base alla scala convenzionale di intensità percepita) e in alcuni casi molesto.

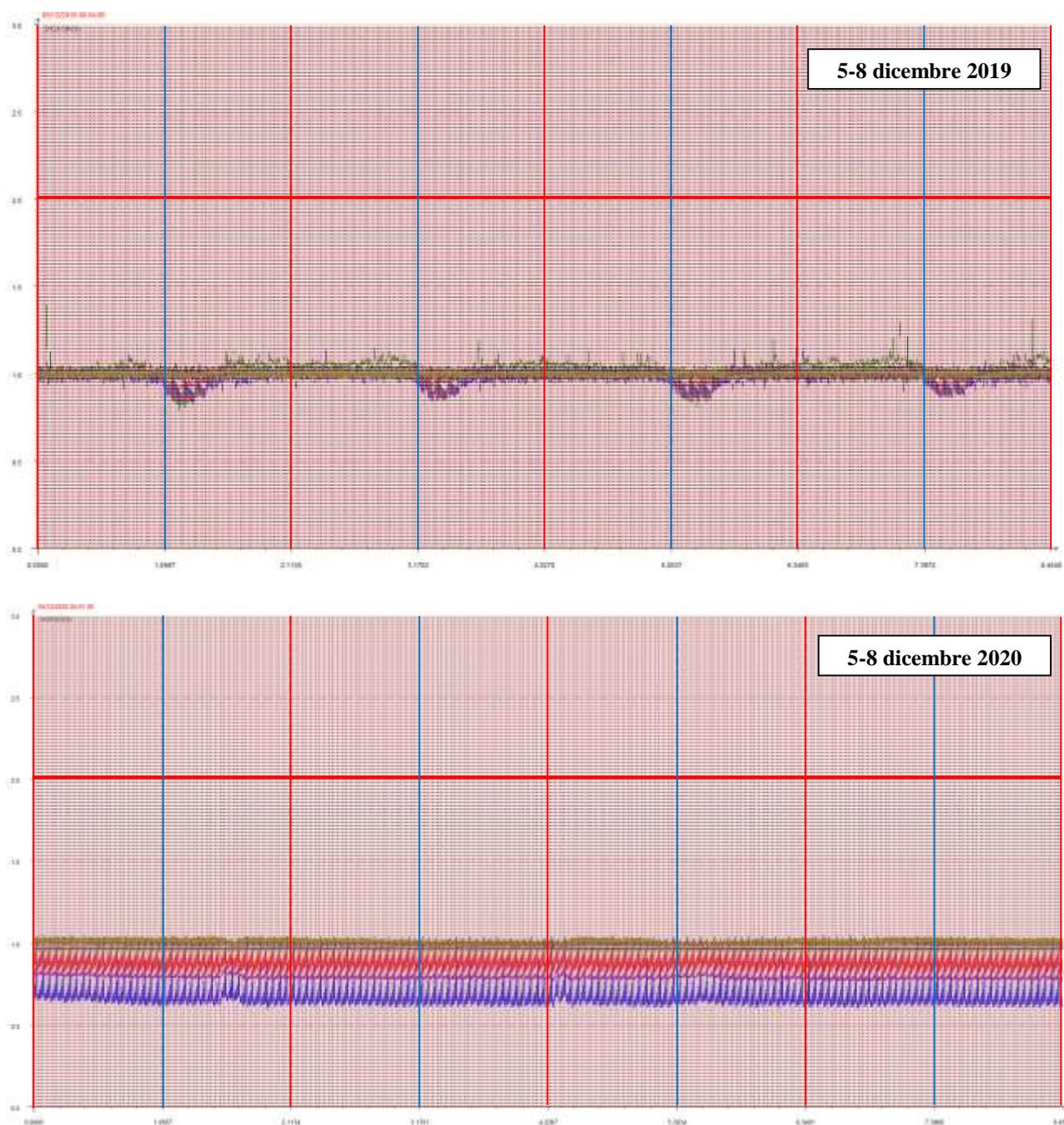
È doveroso ricordare che nulla si può dire dei momenti in cui il naso elettronico non è stato operativo, o per manutenzione o per problemi tecnici, i cui intervalli temporali sono facilmente individuabili nel grafico di figura 6 dove le frecce orizzontali sull'asse delle ascisse sono interrotte.

Si riporta di seguito un confronto fra le misurazioni degli odori (Fig. 7) in quattro analoghe finestre temporali nelle giornate dal 5 all'8 dicembre degli anni che vanno dal 2016 al 2020, quale esempio di quanto la situazione in termini di odore nella zona indagata sia molto migliorata negli ultimi anni<sup>2</sup>. Anche se si tratta di intervalli di pochi giorni questi possono essere presi come rappresentativi di finestre temporali più ampie, come supportato in larga parte anche dalle segnalazioni dei nasi umani (Tab. 1), oltre che dalle rilevazioni elettroniche delle intensità di odore sintetizzate nei grafici delle figure da 2 a 6 e in figura 11.



<sup>2</sup> Anche se, come già evidenziato, per l'ultima parte dell'anno 2020 (novembre e dicembre) c'è il sospetto di una anomalia nel sistema di acquisizione dei dati del naso elettronico, le misure perciò, devono essere considerate col "beneficio del dubbio".





**Fig. 7.** A confronto, a titolo di esempio, i cinque grafici relativi agli anni che vanno dal 2016 al 2020 dell'intensità relativa di odore registrata dal naso elettronico nei medesimi giorni, dal 5 all'8 dicembre. Per la lettura del grafico: 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.

Guardando infine al complesso dei dati rilevati nel corso del 2020 si riconosce fino a ottobre ancora una certa ciclicità giornaliera nell'intensità relativa di odore, che però disegna un andamento caratterizzato da valori che sono generalmente ben al di sotto della soglia di percezione. Da novembre in poi questa ciclicità sembra invece non essere più presente.

### Rete dei cittadini segnalatori (nasi umani)

A 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.

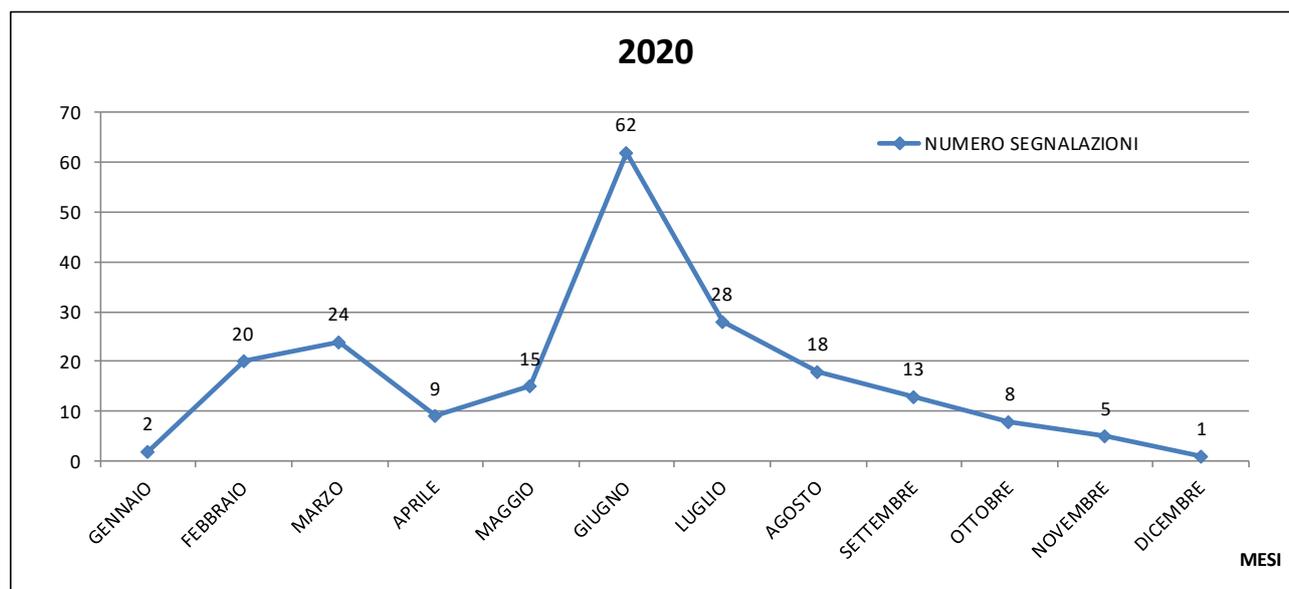
Con luglio 2020 uno dei questi ha smesso di fornire le sue segnalazioni, ma nello stesso mese ha cominciato a inviare le sue un nuovo collaboratore, pertanto il numero di nasi umani è rimasto invariato anche se la copertura del territorio è di conseguenza cambiata.

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 (in tabella 1 quelle dell’ultima parte del 2020). Fanno eccezione quelle rilevate direttamente, ma sporadicamente, dal personale della Fondazione MCR (Tab. 2).

Nel corso del 2020 le finestre temporali comprendenti le comunicazioni dei nasi umani sono quasi sempre state interessate anche dalle registrazioni in continuo del naso elettronico. Fanno eccezione 48 segnalazioni, delle quali ben 46 sono state rilevate nel periodo tra il 30 maggio e il 19 giugno, ossia nel periodo durante il quale il PEN3Meteo è stato disinstallato per poter essere sottoposto a un intervento di manutenzione programmata (dal 30 maggio al 30 luglio 2020).

Per tale motivo, dal 19 giugno al 30 luglio, per non interrompere il monitoraggio degli odori, la rilevazione è potuta continuare grazie all’utilizzo di un naso elettronico a noleggio, equivalente a quello di proprietà del Comune.

In totale nel 2020 si sono avute 205 comunicazioni da parte dei nasi umani; dal grafico di figura 8 è possibile notare come nei mesi più caldi ci sia stata una maggiore molestia (con un massimo di 62 segnalazioni a giugno), che va decisamente a calare nei mesi invernali. Tale andamento rispecchia, anche se in maniera più marcata, quello dello scorso anno (Fig. 11).



**Fig. 8.** Grafico della frequenza delle segnalazioni dei cittadini di Lizzana (e dintorni) coinvolti nel progetto di monitoraggio ambientale per ogni mese del 2020.

### Legenda segnalatori

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

### Legenda intensità odore

1	percepibile /distinguibile
2	forte
3	molto forte
4	fortissimo

Data	ID	Ora iniziale	Ora finale	Intensità	Note dei segnalatori
1-30/09/2020	6				A settembre nulla di particolare da segnalare
1-30/09/2020	8				Nessun dato di rilievo nel corso del mese (comunicazione verbale)
04/09/20	4	14:30		2	Forti zaffate; *valore intensità inserito sulla base del commento nelle NOTE
04/09/20	4	16:00		2	Forti zaffate; *valore intensità inserito sulla base del commento nelle NOTE
08/09/20	11	20:00	23:00	2	Marcio; meteo: secco
09/09/20	11	19:00	22:00	2	Muffa molto pungente; meteo: secco
10/09/20	10	17:30	18:30	1	Odore di sostanze chimiche; sereno
11/09/20	10	17:30	18:30	2	Odore di sostanze chimiche; sereno
20/09/20	11	15:00	16:00	2	Muffa; meteo: umido
21/09/20	11	17:00	19:00	2	Muffa; meteo: umido
22/09/20	10	15:15	?	1	Odore di sostanze chimiche, zaffate; nuvoloso poca pioggia
23/09/20	10	12:00	14:00	2	Odore di sostanze chimiche, zaffate; nuvoloso
24/09/20	10	11:30	14:00	2	Odore di sostanze chimiche, zaffate; pioggia
26/09/20	11	21:00	23:00	2	Marcio; meteo: secco
30/09/20	10	11:30	14:00	2	Odore di sostanze chimiche, zaffate; nuvoloso
1-31/10/2020	8				Nella mia zona non ho sentito forti odori nel mese di ottobre.
03/10/20	10	15:45	?	3	Zaffate sostanze chimiche; poche nuvole
06/10/20	11	17:00	19:00	2	Muffa; meteo: umido
08/10/20	11	14:00	18:00	2	Muffa; meteo: umido
14/10/20	11	12:00	14:00	2	Muffa; meteo: secco
19/10/20	6	08:45	10:45	3	Camion cisterna hanno scaricato in azienda limitrofa; poco nuvoloso
20/10/20	4	pomeriggio			Odore di fogna tutto il pomeriggio
22/10/20	11	15:00	18:00	1	Muffa; meteo: secco
26/10/20	11	14:00	18:00	2	Muffa pesante; meteo: pioggia

1-30/11/2020	8				Per il mese di novembre non ho niente da rilevare
1-30/11/2020	4				A novembre non ho particolari segnalazioni.
1-30/11/2020	5				A novembre non ho particolari segnalazioni.
03/11/20	6	10:45	11:45	2	Camion cisterna hanno scaricato in azienda liomitrofa; poco nuvoloso
05/11/20	10	15:45	17:00	1	Zaffate sostanze chimiche; sereno
05/11/20	11	17:00	19:00	2	Odore di metallo (placcatura); meteo: secco
11/11/20	10	14:30	17:00	1	Zaffate sostanze chimiche; sereno
25/11/20	11	13:00	17:00	3	Plastica bruciata; meteo: secco
1-31/12/2020	8				Riguardo al mese di dicembre non ho da annotare nessuna rilevazione di odori particolari
1-31/12/2020	4				Per il mese di dicembre non ho rilevato episodi particolari di emissioni sgradevoli sia a casa sia in azienda.
1-31/12/2020	5				Per il mese di dicembre non ho rilevato episodi particolari di emissioni sgradevoli sia a casa sia in azienda.
1-31/12/2020	6				Nulla da segnalare.
1-31/12/2020	10				Nel mese di dicembre non ho sentito odori
29/12/20	11	08:00	11:00	2	Bruciato + gomma bruciata; meteo: umido

**Tab. 1.** Elenco delle segnalazioni dei nasi umani da settembre a dicembre 2020. Per il periodo qui considerato non sono pervenute indicazioni ulteriori tramite l'Ufficio Ambiente del Comune di Rovereto.

Data	ora iniziale	ora finale	intensità odore	Note dei segnalatori
10/11/2020	19:30		4	Odore penetrante
04/12/2020	07:00		3	Forte odore di muffa
15/12/2020	13:24		3	Puzza di marcio zona Rover Center

**Tab. 2.** Elenco delle segnalazioni dei collaboratori della Fondazione MCR da settembre a dicembre 2020.

Da settembre a dicembre 2020 il monitoraggio della qualità dell'aria in termini di molestia odorigena è stato svolto dalla strumentazione Pen3Meteo in modo continuo (Figg. 6 e 11).

Nel corso di questo periodo di tempo solo la zaffata individuata dal naso elettronico l'8 settembre è stata percepita anche da uno dei nasi umani, mentre le altre sei, non sono state avvertite dai segnalatori. Una in particolare non è stata avvertita nonostante l'elevata intensità, forse per il fatto che i rilevatori umani potevano non essere in zona al momento. Per quanto riguarda invece le 27 segnalazioni di odore comunicate dai cittadini di Lizzana e dintorni, solo quella sopra detta dell'8 settembre trova ovviamente riscontro nelle misure elettroniche.

Il numero degli eventi sopra soglia rilevati dalla macchina in tutto il 2020 è molto inferiore rispetto a quello delle segnalazioni dei nasi umani (23 vs 205) ma, ancora una volta, rappresentano grossomodo

trend simili e sono quindi abbastanza coerenti (Figg. 9, 10 e 11). La differenza può trovare spiegazione in due aspetti: dal 2016 ad oggi con il miglioramento della qualità dell'aria in termini di odori è aumentata la sensibilità della popolazione, mentre l'altro aspetto sarebbe legato alle proprietà degli episodi di disturbo che 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 quattro<sup>3</sup> di intercettare gli episodi di breve durata, come quelli che si presentano in forma di zaffate. Inoltre i sopralluoghi svolti dal gruppo di lavoro della Fondazione MCR nel corso dell'estate 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 (per lo stesso luogo). Infatti guardando alle segnalazioni dei nasi umani, pur essendo quasi quattro volte superiori al 2019, i casi in cui nel corso dell'anno si è verificata tra loro una coincidenza di rilevazione sono stati solo 22 (vale a dire almeno due segnalatori hanno riportato lo stesso evento). 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.

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 9, 10 e 11 è possibile infine ricavare un paio di indicazioni degne di nota, 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 bassi<sup>4</sup> (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 episodi odorigeni, negli ultimi due anni, sia stata decisamente elevata tra la primavera e l'estate e invece piuttosto bassa tra l'autunno e l'inverno (Fig. 11).

Altra osservazione degna di nota riguardante l'anno di inizio del monitoraggio, ossia il 2016 è che, le rilevazioni, sia elettroniche che umane, pur essendo cominciate attorno alla metà dell'anno

---

<sup>3</sup> Approssimando e semplificando molto il concetto.

<sup>4</sup> 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 deve quindi rendere molto cauto il confronto diretto tra le annate.

(rispettivamente a maggio e a luglio del 2016) hanno una quantità di segnalazioni in pochi mesi, decisamente superiore a quella degli anni successivi nella loro interezza (Figg. 9 e 10).

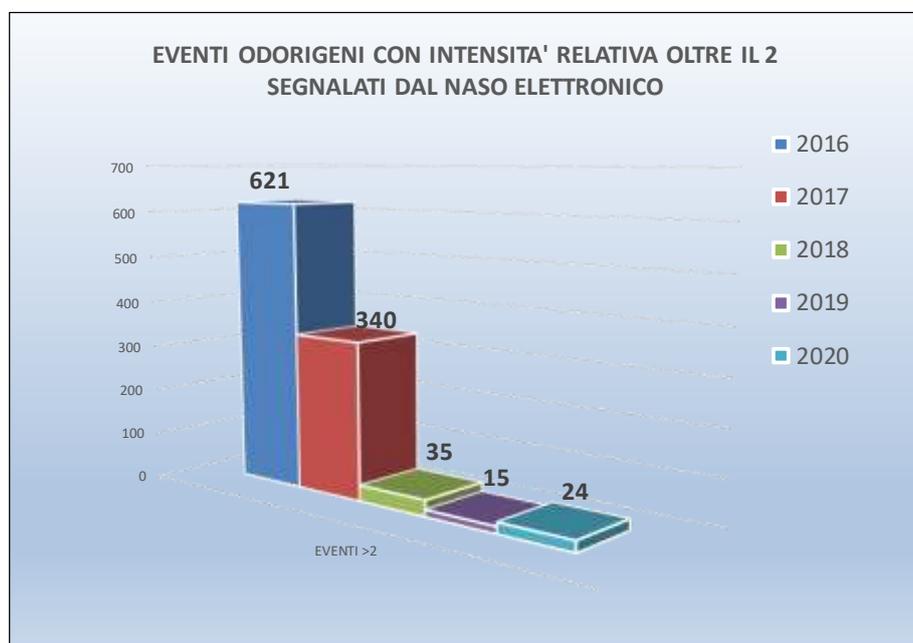
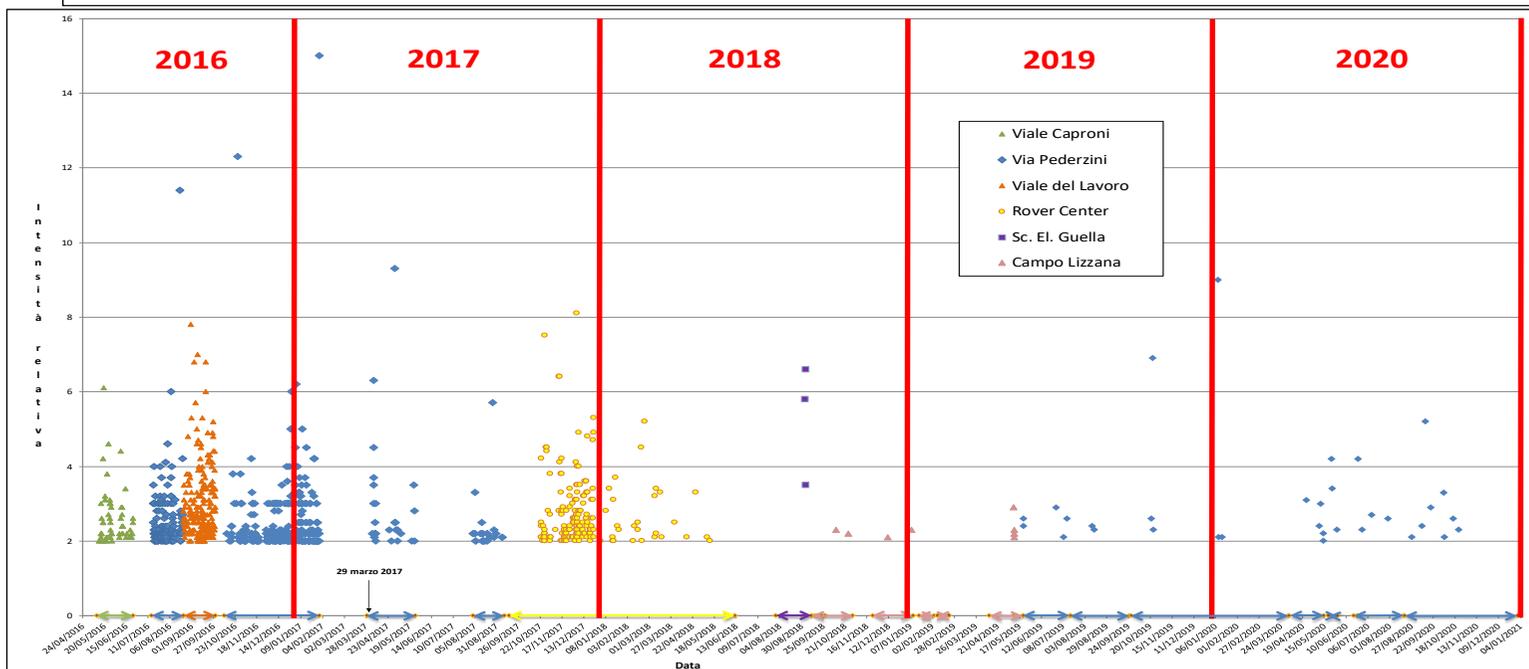
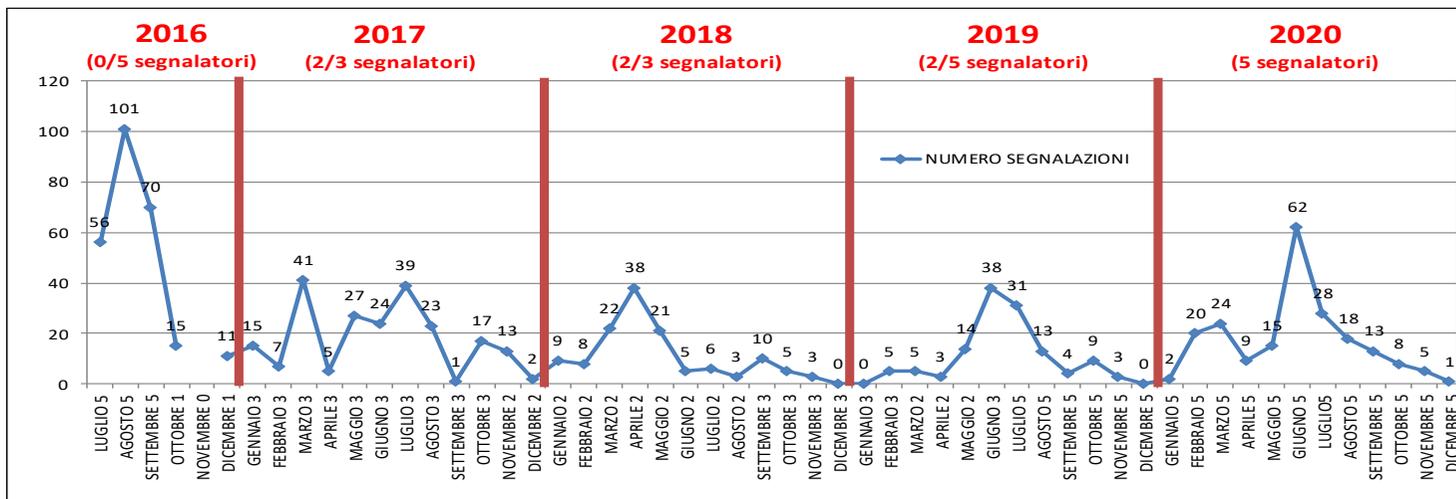


Fig. 9. Totale degli eventi odorigeni con intensità relativa superiore al 2 individuati dal naso elettronico dal 2016 al 2020.



Fig. 10. Totale degli eventi odorigeni segnalati dai nasi umani dal 2016 al 2020.



**Fig. 11.** A confronto il grafico relativo alle segnalazioni dei nasi umani (in alto; in ascissa i numeri che seguono il mese indicano la quantità di nasi umani) con quello delle rilevazioni del naso elettronico con intensità relativa superiore al 2 (in basso; in ascissa le frecce orizzontali rappresentano gli intervalli temporali in cui la strumentazione Pen3Meteo ha registrato in continuo) negli anni che vanno dal 2016 al 2020.

## *Manutenzione, sopralluoghi e individuazione di nuove sorgenti odorigene*

ORGANISMO CIVICO 41  
37069 ROVERETO (TN) ITALIA  
Tel. +39 0461 438300  
Fax +39 0461 438407  
P.IVA n. C.F. 02794770223  
www.fondazionemuseo.it

Dal 19 giugno al 30 luglio 2020 per la rilevazione in continuo si è utilizzato un naso elettronico a noleggio, equivalente a quello di proprietà del Comune che nel frattempo era stato inviato ad AIRSENSE per manutenzione.

In questo modo è stato possibile, dopo la metà di luglio, impiegare contemporaneamente i due strumenti, quello del Comune (che nel frattempo era tornato) per la caratterizzazione ex novo delle sorgenti odorigene, mentre l'altro continuava le misurazioni sul campo. Si sono infatti ricampionate, al fine dell'aggiornamento della banca dati di confronto, le sorgenti dei siti Discarica "Lavini" di Rovereto e Suanfarma S.p.A. Non è stato invece possibile, per motivi sanitari legati alla situazione pandemica, effettuare le rilevazioni nel complesso del Depuratore provinciale roveretano. Aquaspace, pur avendo dato la propria disponibilità, non è stata ancora ricampionata ma lo sarà nel corso del 2021.

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.

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 odorigene a periodi di monitoraggio ambientale. Nel corso del 2020 sono stati effettuati frequenti sopralluoghi in zona industriale per saggiare la situazione di odore dell'aria e incrociarla col dato elettronico, ed 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 per gli esperti del Museo anche nei weekend e da smartphone).

## 2.2 Monitoraggio della qualità dell'aria: inquinanti e polveri sottili

La qualità dell'aria, in termini di polveri e inquinanti (metalli pesanti in primis), è stata saggiata nel corso del 2020 attraverso l'utilizzo della strumentazione per il campionamento delle polveri sottili disponibile sul laboratorio mobile comunale.

### *Rilevazione delle polveri sottili*

Nel corso del 2020 sono state svolte quattro campagne di rilevazione delle polveri sottili, una a gennaio, una tra agosto e settembre, una ad ottobre e l'ultima tra novembre e dicembre.

In tutti i periodi di misura si sono utilizzati filtri in fibra di vetro e nessuna testa di campionamento (es. PM10 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. Sempre APPA ha gentilmente fornito al gruppo di lavoro della Fondazione MCR, per operazioni di confronto, i dati di concentrazione di polveri sottili (PM10) rilevati, nella medesima finestra temporale, dalla propria stazione presente a Rovereto presso i giardini di via Manzoni (nome identificativo della stazione "Rovereto LGP"). Guardando ai siti messi a confronto, va osservato che la stazione di APPA ricade in contesto urbano così come la stazione della campagna di rilevamento di gennaio 2020 in corso Bettini a Rovereto, mentre le seguenti campagne di rilievo sono avvenute nel contesto di una frazione di Rovereto come è quella di Marco.

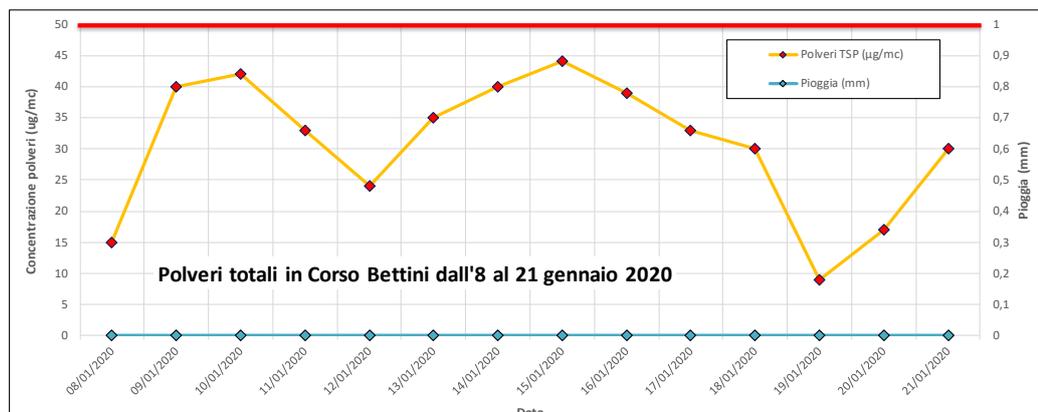
Più precisamente il laboratorio mobile comunale ha campionato, dall'8 al 21 gennaio 2020 in corso Bettini nel punto in cui questo si incontra con viale San Francesco e viale Trento (Fig. 12), mentre nei periodi che vanno dal 29 agosto al 5 settembre, dal 2 al 16 ottobre e dal 26 novembre all'8 dicembre ha stazionato a Marco nel parcheggio di via Vecchio Alveo, in una zona poco distante dalla scuola elementare (Figg. 13, 14 e 15). In generale il confronto dei dati raccolti dalla Fondazione MCR a Rovereto e a Marco con i dati di APPA di via Manzoni (riferiti però alle sole PM10) ha mostrato buona concordanza nel trend, con i valori di concentrazione raccolti dalla Fondazione MCR quasi sistematicamente e prevedibilmente superiori, trattandosi di misure di polveri totali e non solamente delle PM10 (come per APPA) che sono una frazione delle TSP<sup>5</sup>. 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 eventi meteorici che si sono susseguiti nel corso dei giorni di monitoraggio si sono ripercossi nella concentrazione delle polveri sottili atmosferiche determinandone una sensibile diminuzione, soprattutto quando si sono registrate precipitazioni piovose intense.

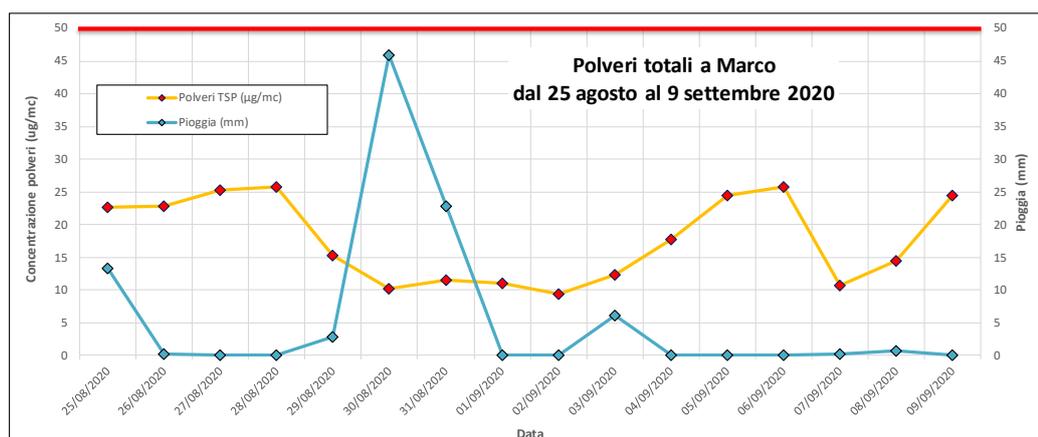
Di seguito l'andamento grafico (Figg. 12-15) delle concentrazioni di particolato rilevate nelle quattro sessioni di misura (espresso in microgrammi di polveri per metro cubo di aria) in relazione con gli eventi meteorici.

---

<sup>5</sup> In letteratura le PM10 vengono indicate essere circa il 50% delle polveri totali (TSP), anche se questo rapporto può essere molto differente a seconda del contesto indagato. Il confronto tra i dati di APPA in via Manzoni e quelli di FMCR in corso Bettini fanno propendere per un rapporto per cui le PM10 rappresentino tra il 50 e l'80% delle TSP.



**Fig. 12.** Grafico delle rilevazioni giornaliere delle polveri totali (TSP) effettuate dalla strumentazione del Comune di Rovereto su corso Bettini tra l'8 e il 21 gennaio 2020. La linea rossa in alto indica la concentrazione di PM10 da non superare secondo la normativa (D.Lgs. 155/2010) sulle 24 h di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per la protezione della salute umana. La quantità di PM10 potrebbe essere dal 20 al 50% in meno di quanto riportato nel grafico che è riferito alle TSP.



**Fig. 13.** Grafico delle rilevazioni giornaliere delle polveri totali ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) effettuate dalla strumentazione del Comune di Rovereto in via Vecchio Alveo a Marco tra il 25 agosto e il 9 settembre 2020. La linea rossa in alto indica il valore da non superare secondo la normativa (D.Lgs. 155/2010) sulle 24 h di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (riferito però alla sola frazione PM10) per la protezione della salute umana. La quantità di PM10 potrebbe essere dal 20 al 50% in meno di quanto riportato nel grafico che è riferito alle TSP.



**Fig. 14.** Grafico delle rilevazioni giornaliere delle polveri totali ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) effettuate dalla strumentazione del Comune di Rovereto in via Vecchio Alveo a Marco tra il 2 e il 16 ottobre 2020. La linea rossa in alto indica il valore da non superare secondo la normativa (D.Lgs. 155/2010) sulle 24 h di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (riferito però alla sola frazione PM10) per la protezione della salute umana. La quantità di PM10 potrebbe essere dal 20 al 50% in meno di quanto riportato nel grafico che è riferito alle TSP.



**Fig. 15.** Grafico delle rilevazioni giornaliere delle polveri totali ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) effettuate dalla strumentazione del Comune di Rovereto in via Vecchio Alveo a Marco tra il 26 novembre e l'11 dicembre 2020. La linea rossa in alto indica il valore da non superare secondo la normativa (D.Lgs. 155/2010) sulle 24 h di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (riferito però alla sola frazione PM10) per la protezione della salute umana. La quantità di PM10 potrebbe essere dal 20 al 50% in meno di quanto riportato nel grafico che è riferito alle TSP.

Il valore giornaliero medio di polveri totali rilevato nelle due settimane di controllo a Rovereto a gennaio è stato di  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre a Marco ad agosto-settembre è stato di  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a ottobre di  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e a novembre-dicembre di  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Si ricorda che la Norma (D.Lgs. 155/2010) indica come valore limite per la frazione delle PM10 per la protezione della salute umana  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sulle 24 h, e  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come valore medio annuo. Il campionamento eseguito dal laboratorio della Fondazione MCR ha invece riguardato il totale delle polveri atmosferiche (TSP) e questo significa che il valore delle PM10 sarà stato, ovviamente, ancora minore rispetto ai valori sopra riportati, probabilmente fra il 20 e il 50% in meno.

Questo significa che, nelle zone indagate per i periodi indicati, la qualità dell'aria, in termini di polveri sottili, era ampiamente all'interno dei valori normativi.

### *Rilevazione dei metalli pesanti*

In relazione ai vari campionamenti effettuati nel corso del 2020, 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 a Marco<sup>6</sup> 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 (Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, V, Zn) e in nanogrammi su metrocubo (As, Cd, Ni, Hg). Si è osservata anche in questo caso una certa dipendenza dalle condizioni meteorologiche, in particolare dalla piovosità giornaliera, anche se con risposte differenti da un elemento all'altro (Figg. 16-27). Guardando in particolare ai valori di riferimento indicati nelle "Air Quality Guidelines" dell'Organizzazione Mondiale per la Sanità (OMS), e posto che si dispone di poche misure di confronto, dato che queste analisi rappresentano solo un terzo passo dopo quelle degli scorsi due anni verso una serie multitemporale da costruire, si può osservare come, in generale, i valori di concentrazione giornalieri dei vari metalli pesanti presenti nell'aria siano ampiamente al di sotto dei valori limite raccomandati dall'OMS.

In tutti e tre i lassi temporali considerati, i valori medi di concentrazione di cromo e vanadio (Figg. 22-24) a Marco rientrano nell'intervallo di misure che sarebbero tipiche di aree remote (secondo l'OMS 0-0,003  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), tranne che ad ottobre dove il dato medio del cromo è leggermente superiore (0,0049  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) il che lo fa rientrare, anche se di poco, nello standard delle aree urbane.

Da notare il giorno 2 ottobre uno scostamento piuttosto pronunciato, rispetto alla media del periodo monitorato, nella concentrazione di cromo e nichel (Figg. 17 e 26) con valori abbastanza elevati soprattutto per il cromo.

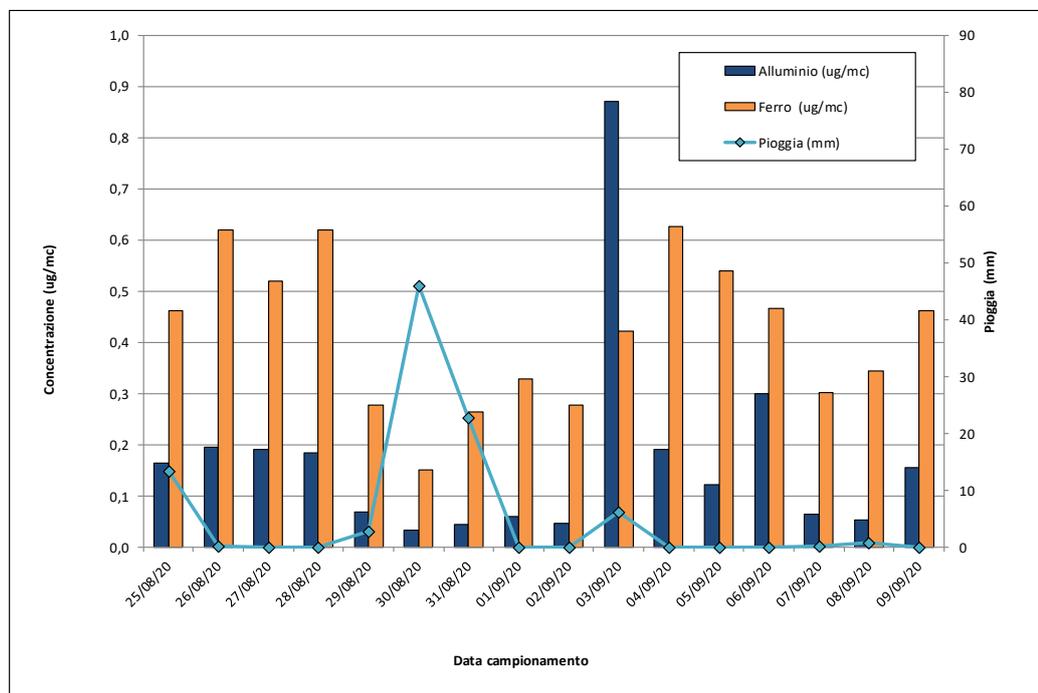
Anche i valori medi di manganese e piombo (Figg. 19-21), nei due siti di campionamento, sempre rispetto alle medesime linee guida, sono decisamente inferiori al valore di riferimento avendo concentrazioni che sarebbero più caratteristiche di zone remote (secondo l'OMS: Mn 0,01-0,03  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Pb fino a 0,15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Rame e zinco secondo i dati dell'agenzia americana ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) sarebbero anch'essi in quantità tipiche per l'aria ambiente con valori abbastanza bassi.

Ugualmente arsenico, cadmio, nichel e mercurio (Figg. 25-27), si presentano con quantità ben lontane dai limiti delle linee guida dell'OMS con valori di concentrazione nell'aria molto scarsi che sarebbero più tipici di zone remote. 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. 16-27). Quando sui grafici alcune delle barre che indicano la concentrazione dei vari metalli pesanti non sono presenti, significa che i valori di concentrazione

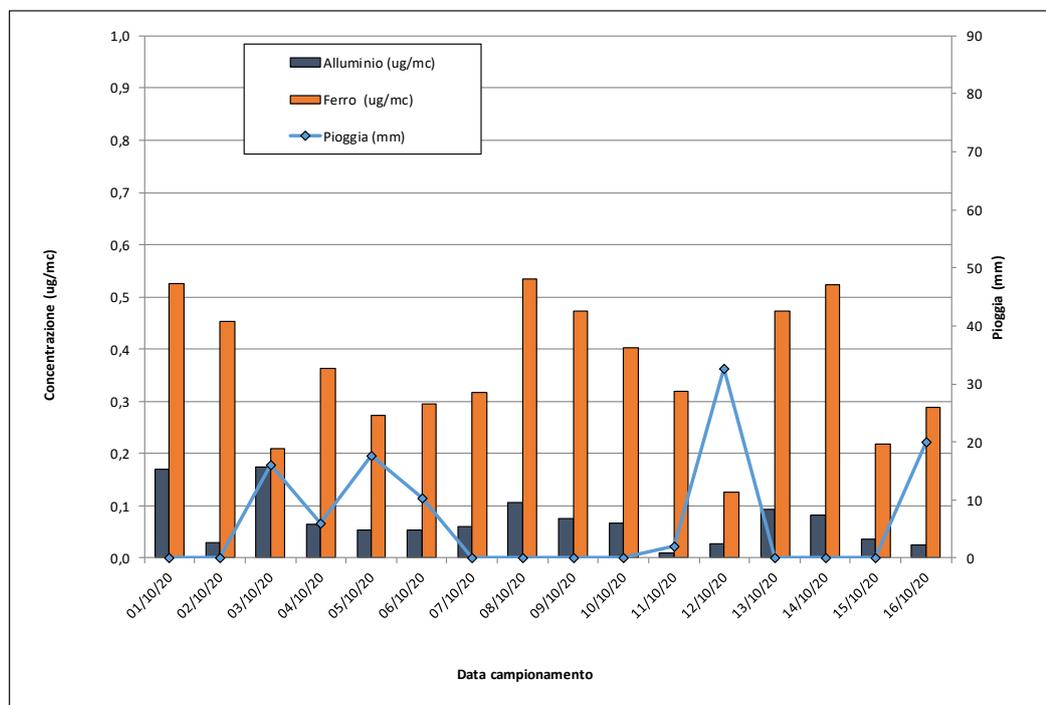
---

<sup>6</sup> Anche le polveri di corso Bettini di gennaio sono state fatte analizzare ma le misure non sono risultate attendibili probabilmente a causa di un problema alla strumentazione.

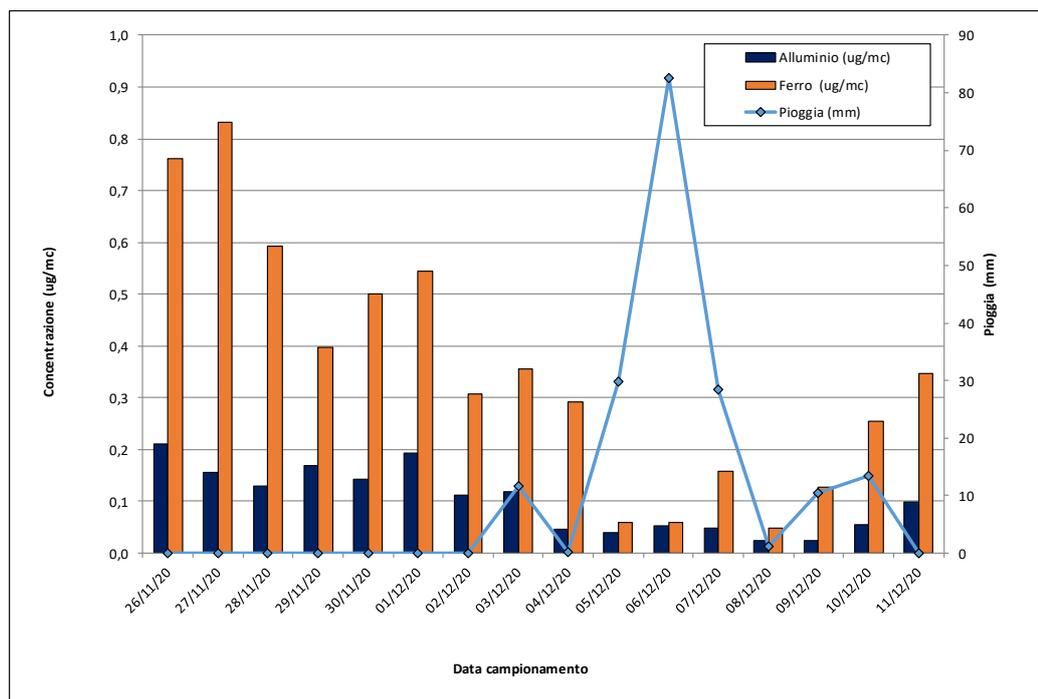
erano talmente bassi che la strumentazione di analisi non è stata in grado di rilevarne la quantità esatta.



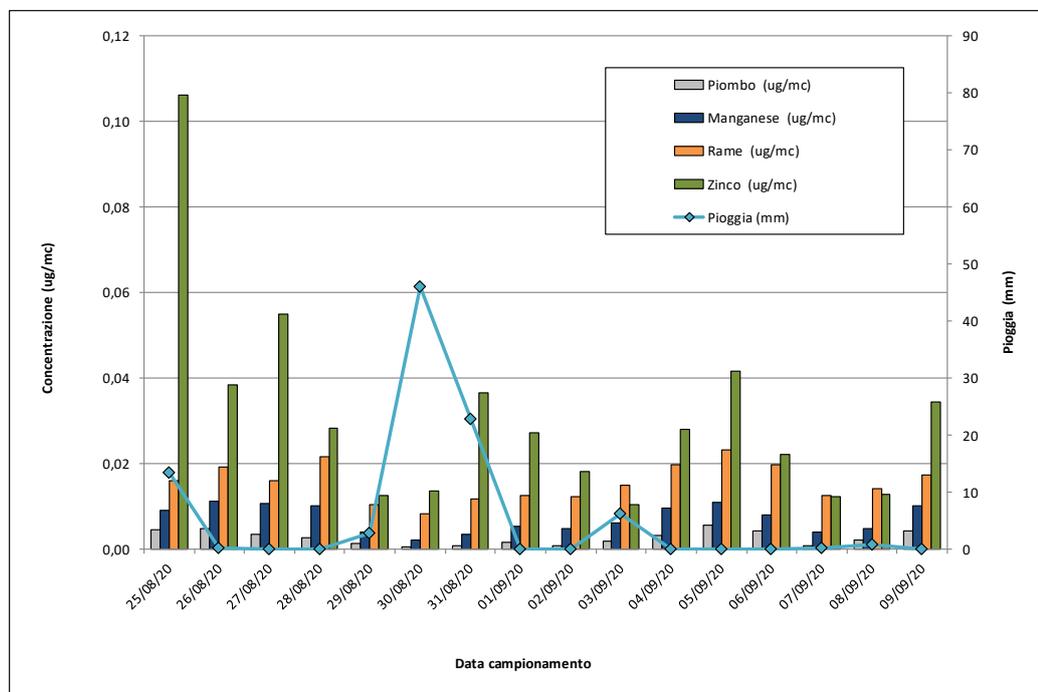
**Fig. 16.** Via Alveo Vecchio a Marco (TN). Grafico delle concentrazioni giornaliere di Al e Fe, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm tra agosto e settembre 2020.



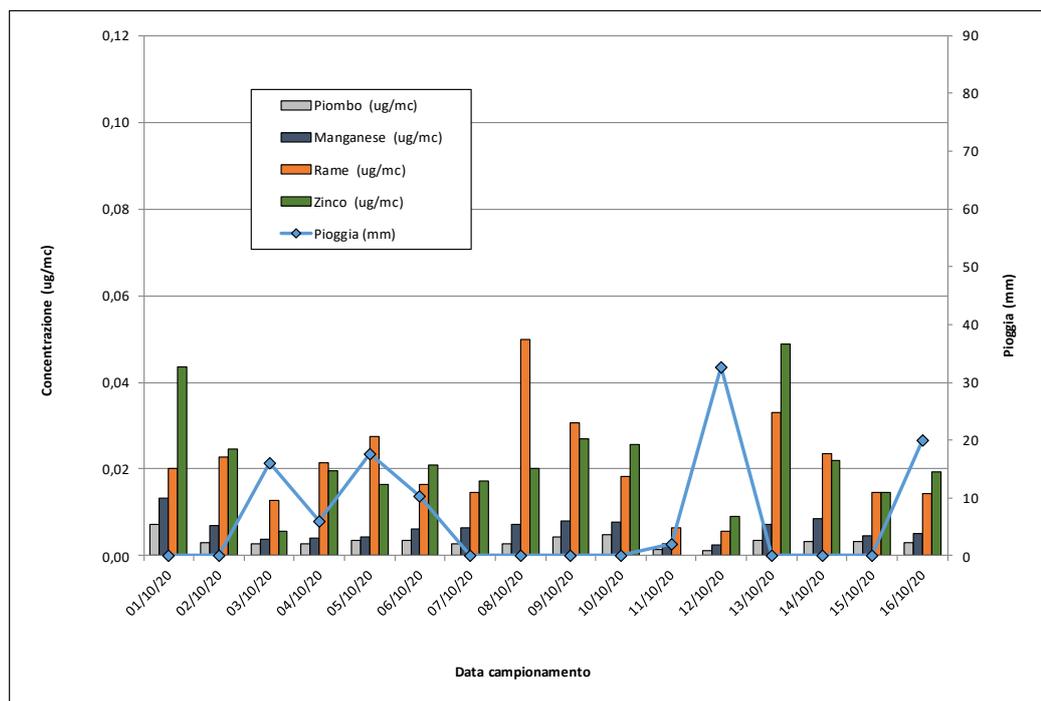
**Fig. 17.** Via Alveo Vecchio a Marco (TN). Grafico delle concentrazioni giornaliere di Al e Fe, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm a ottobre 2020.



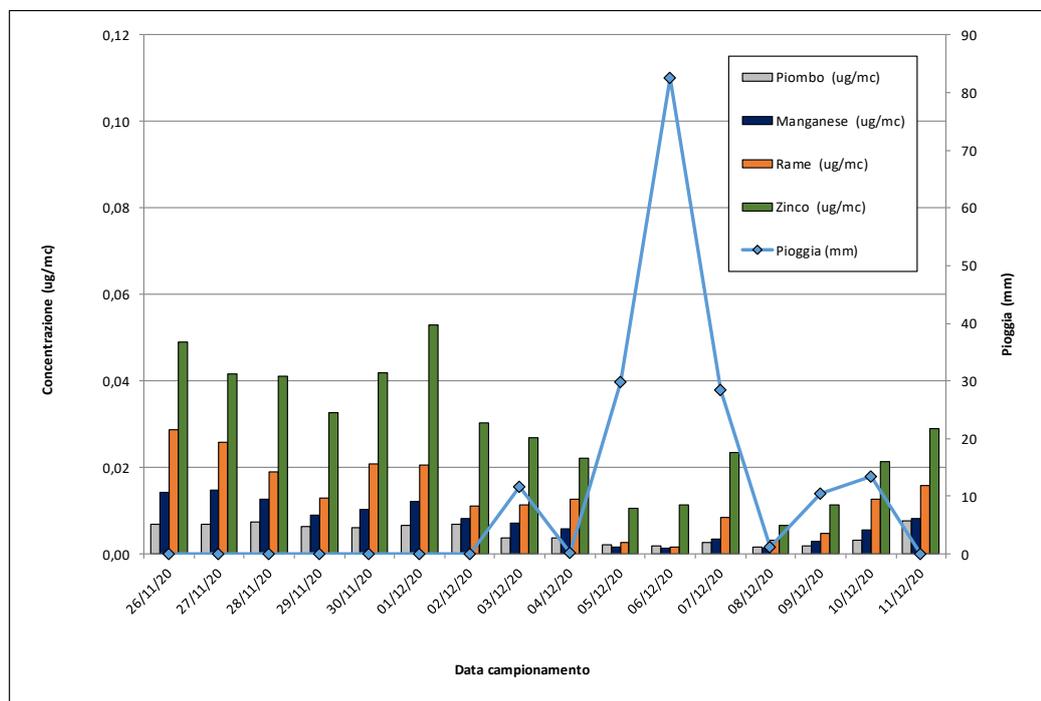
**Fig. 18.** Via Alveo Vecchio a Marco (TN). Grafico delle concentrazioni giornaliere di Al e Fe, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm tra novembre e dicembre 2020.



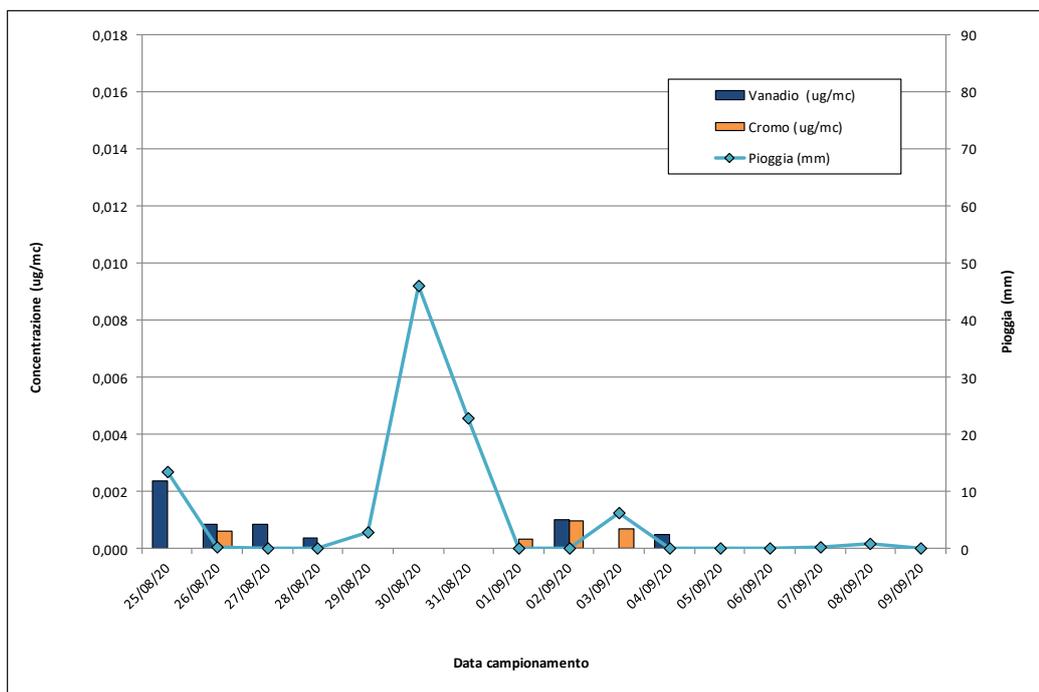
**Fig. 19.** Via Alveo Vecchio a Marco (TN). Grafico delle concentrazioni giornaliere di Mn, Pb, Cu, Zn in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm tra agosto e settembre 2020.



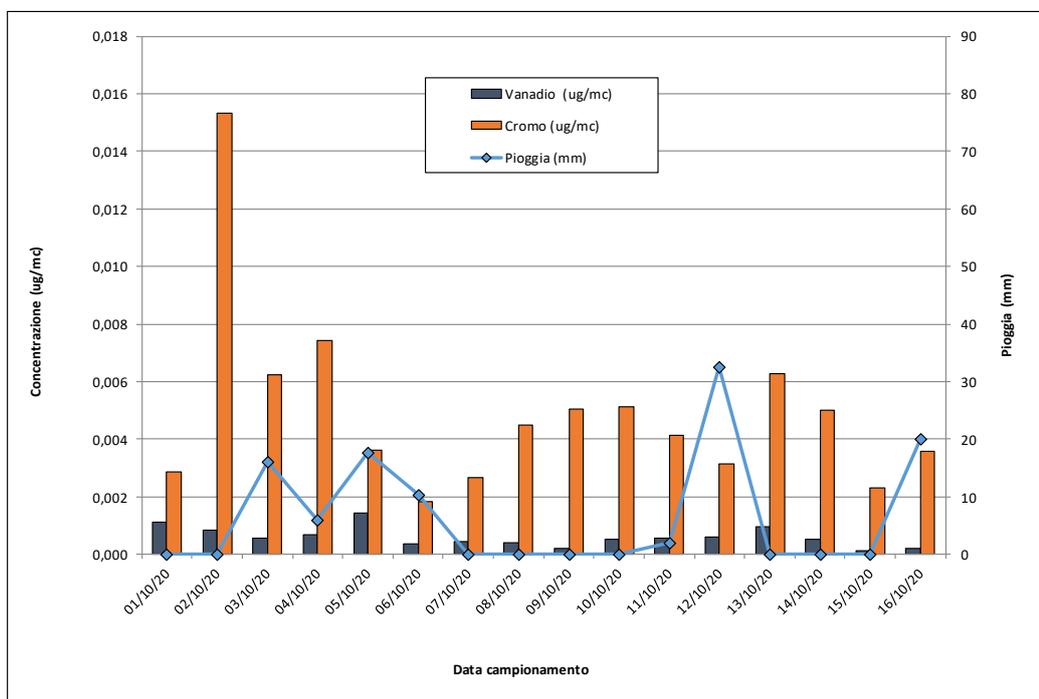
**Fig. 20.** Via Alveo Vecchio a Marco (TN). Grafico delle concentrazioni giornaliere di Mn, Pb, Cu, Zn in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm a ottobre 2020.



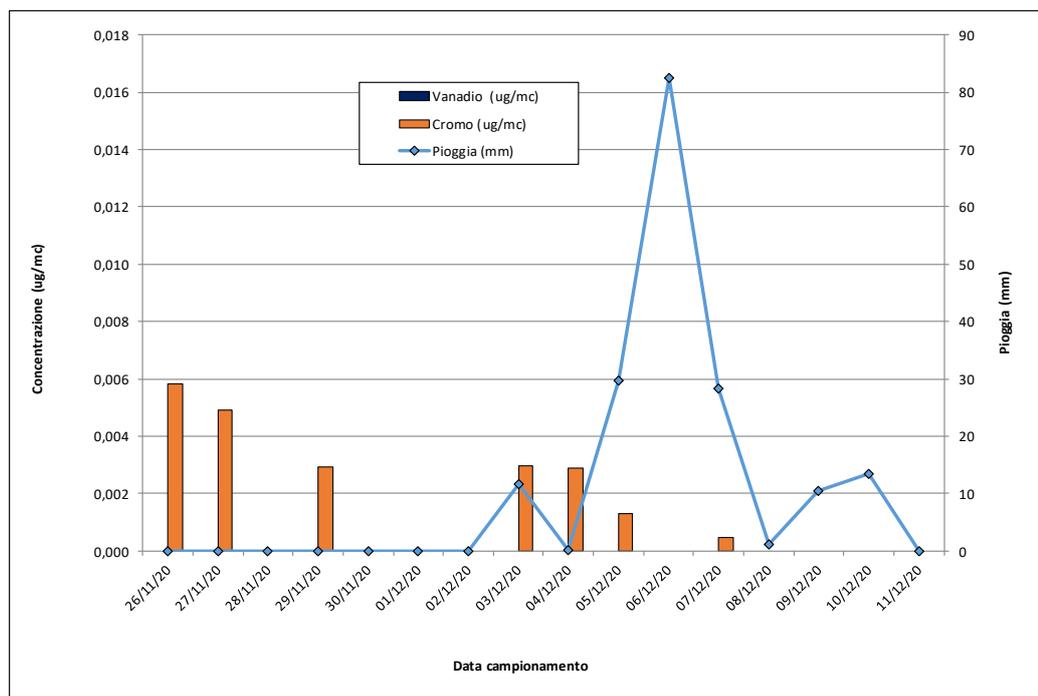
**Fig. 21.** Via Alveo Vecchio a Marco (TN). Grafico delle concentrazioni giornaliere di Mn, Pb, Cu, Zn in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm tra novembre e dicembre 2020.



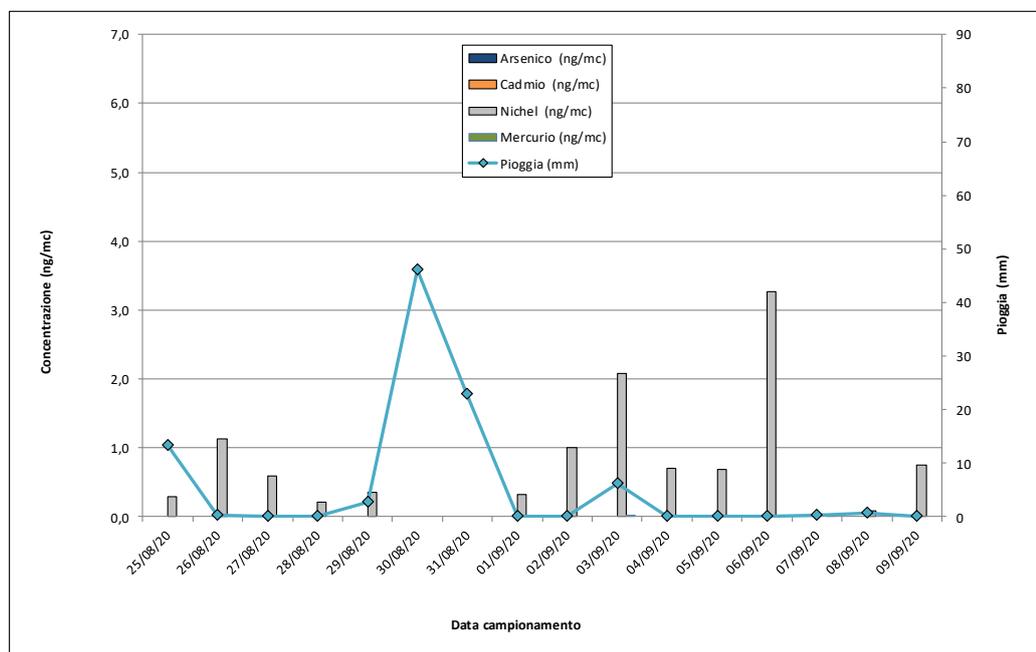
**Fig. 22.** Via Alveo Vecchio a Marco (TN). Grafico delle concentrazioni giornaliere di Cr e V in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm tra agosto e settembre 2020.



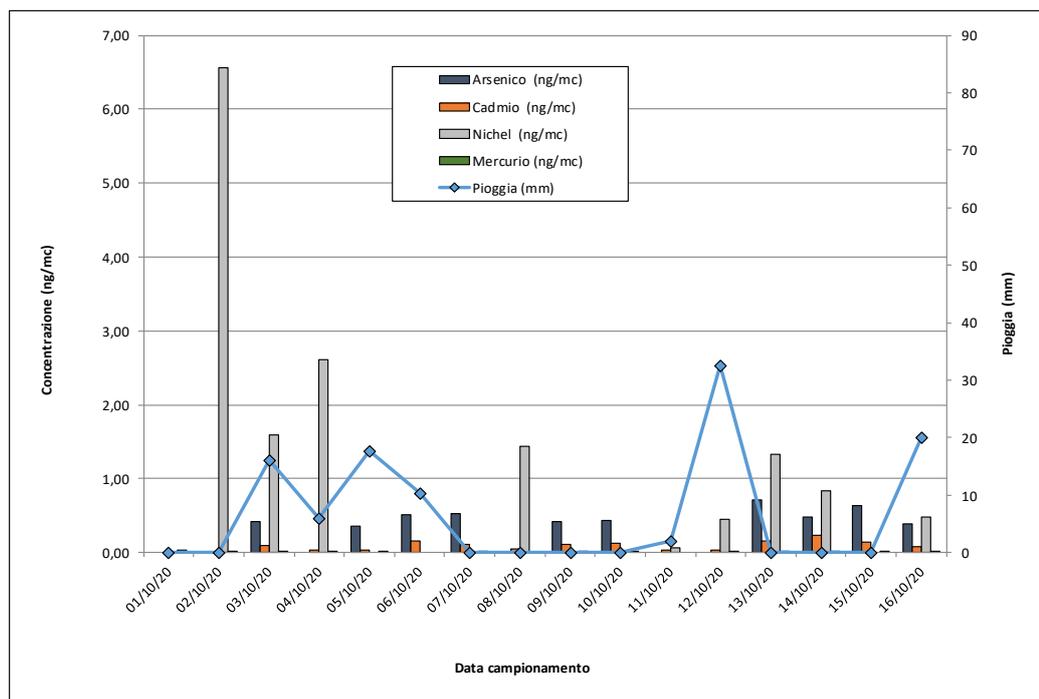
**Fig. 23.** Via Alveo Vecchio a Marco (TN). Grafico delle concentrazioni giornaliere di Cr e V in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm a ottobre 2020.



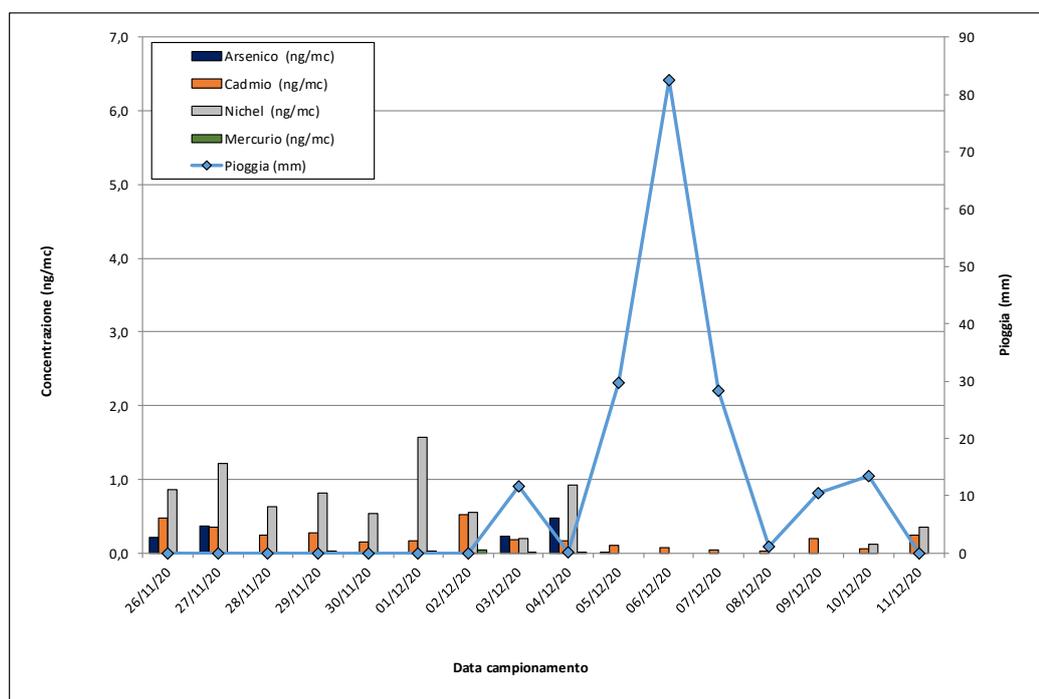
**Fig. 24.** Via Alveo Vecchio a Marco (TN). Grafico delle concentrazioni giornaliere di Cr e V in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm tra novembre e dicembre 2020.



**Fig. 25.** Via Alveo Vecchio a Marco (TN). Grafico delle concentrazioni giornaliere di As, Cd, Ni e Hg in  $\text{ng}/\text{m}^3$ , a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm tra agosto e settembre 2020.



**Fig. 26.** Via Alveo Vecchio a Marco (TN). Grafico delle concentrazioni giornaliere di As, Cd, Ni e Hg in  $\text{ng}/\text{m}^3$ , a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm a ottobre 2020.

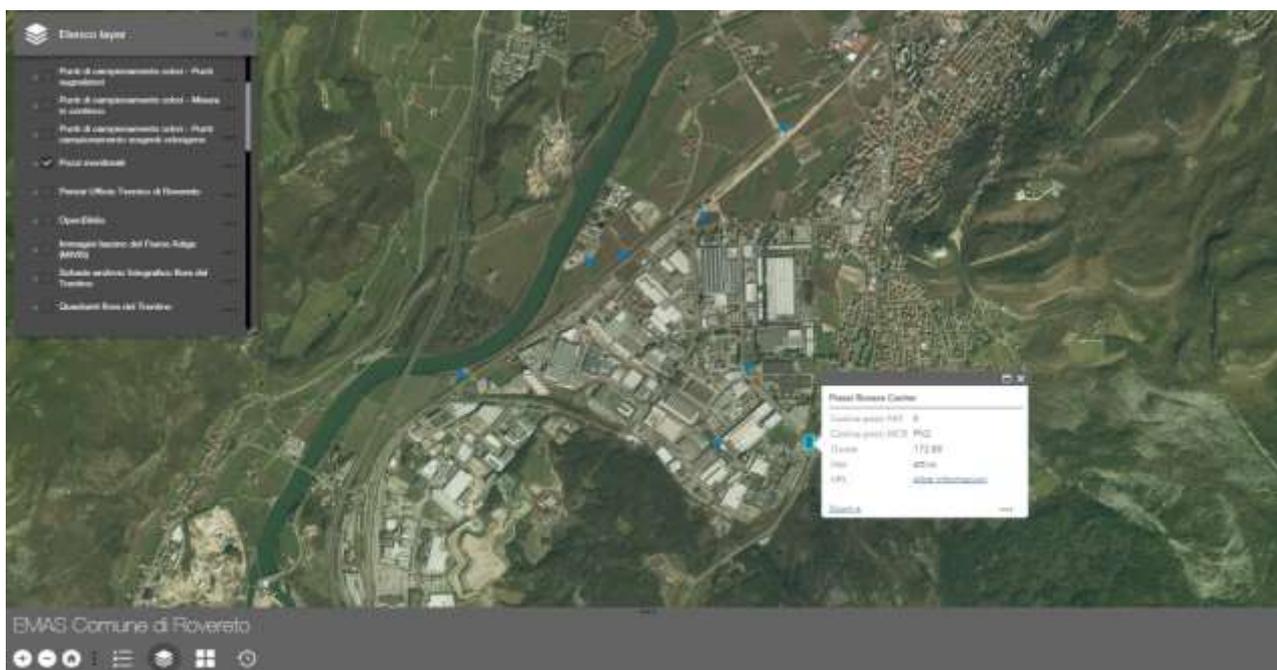


**Fig. 27.** Via Alveo Vecchio a Marco (TN). Grafico delle concentrazioni giornaliere di As, Cd, Ni e Hg in  $\text{ng}/\text{m}^3$ , a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm tra novembre e dicembre 2020.

Da notare la generale tendenza alla diminuzione delle concentrazioni dei metalli pesanti presenti in sospensione in concomitanza con le precipitazioni atmosferiche.

### 2.3 Monitoraggio della prima falda

Dal 2004 l'andamento della tavola d'acqua della prima falda della zona industriale di Rovereto è monitorato dal Museo Civico per tramite di rilevazioni mensili su una serie di pozzi, una decina, individuati in proprietà sia privata che pubblica. Alcuni di questi sono divenuti nel tempo non più utilizzabili a causa, ad esempio, del loro ricoprimento a seguito di nuove opere di infrastrutturazione del territorio; è questo il caso dei due piezometri intercettati dalla bretella "Ai Fiori". La posizione dei punti usati per il controllo della falda è consultabile on line nel sito EMAS selezionando il relativo layer nella piattaforma WebGis (Fig. 28) dove è anche indicato se il pozzo è attivo o meno.

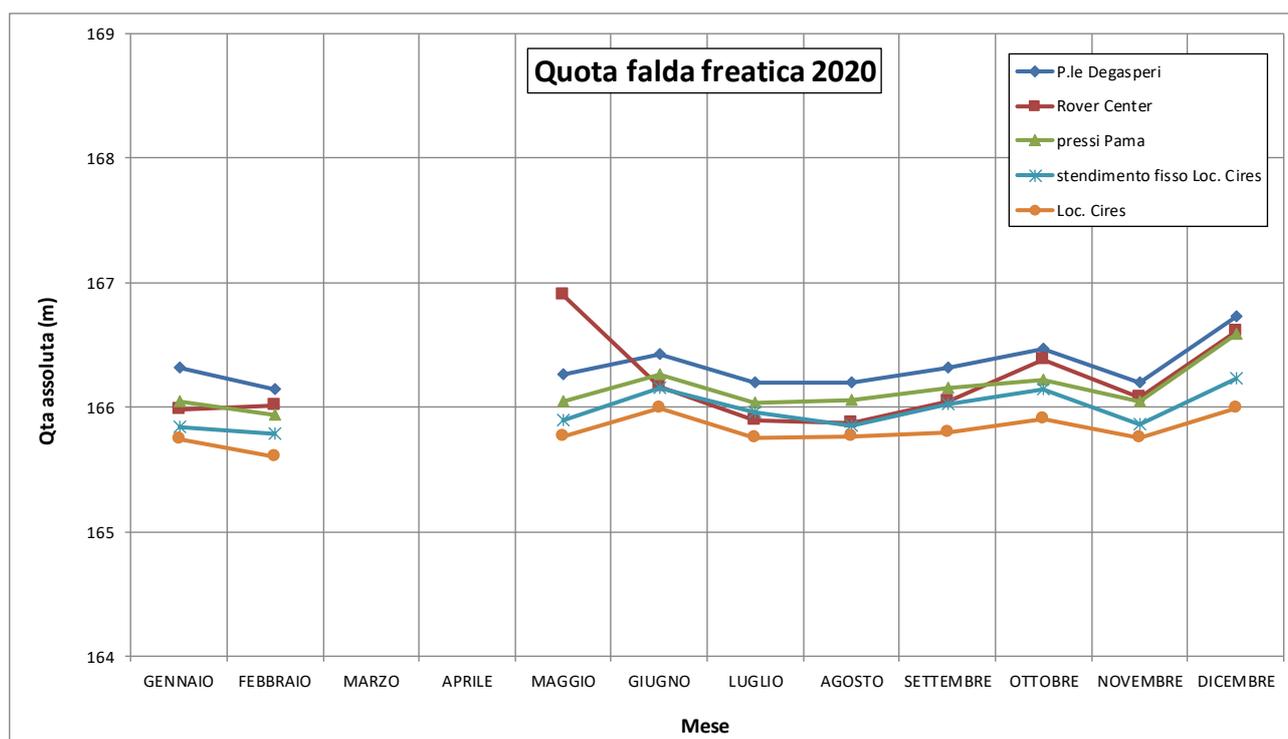


**Fig. 28.** Estratto dal WebGis collegato al sito EMAS del Comune di Rovereto; in evidenza il solo layer dedicato ai punti "Pozzi monitorati".

Nel 2020 questo lavoro di rilevazione mensile (grossomodo condotto a metà mese, in un unico giorno) della profondità della prima falda è proseguito 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), spostandosi verso l'asta del fiume Adige.

I dati di quota assoluta della prima falda nei vari punti di misura, mese per mese, sono riportati nel grafico di Fig. 29. La tavola d'acqua, tra gennaio e dicembre 2020, ha oscillato mediamente attorno alla quota di 166 m s.l.m. (per la precisione attorno a 166,1 m s.l.m.) con una forte omogeneità nella risposta mensile fra i diversi punti di controllo. L'unica eccezione si ha per il valore raccolto a maggio nel pozzo del Rovercenter che si discosta in modo marcato da tutti gli altri ma, con ogni probabilità, ciò è dovuto ad un errore nella misurazione da parte dell'operatore. La mancanza di dati per i mesi di marzo e aprile è un riflesso della situazione pandemica che in tale periodo di tempo ha di fatto

impedito la misurazione del livello delle falde. Nonostante la mancanza dei dati appena detti, si può comunque notare come l'andamento generale evidenziato dal grafico rifletta la dinamica stagionale della falda superficiale. Infatti il livello è ribassato in inverno quando gli apporti sono bloccati in quota sotto forma di neve, è massimo a fine primavera (per lo scioglimento delle coltri nevose), quindi è di nuovo minimo in estate (periodo di apporti meteorici scarsi o nulli) ed è poi di nuovo massimo a fine autunno, a dicembre (ripresa degli eventi meteorici).



**Fig. 29.** Grafico dell'andamento della quota assoluta della falda freatica della piana alluvionale di Rovereto in pozzi di controllo distribuiti all'interno della zona industriale omonima.

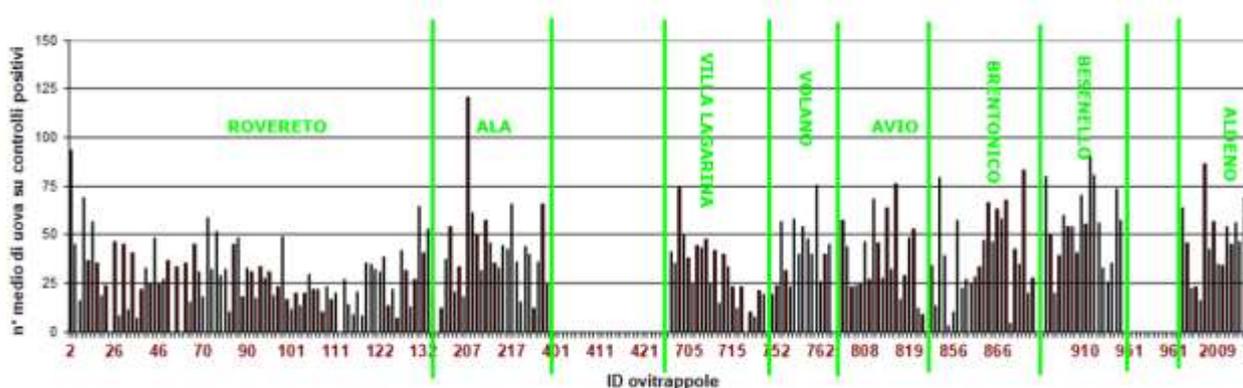
## 2.4 Monitoraggio entomologico della zanzara tigre

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 2020 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 e col coinvolgimento anche del comune di Brentonico. Gli esiti di questo lavoro, i raffronti con le stagioni precedenti e le valutazioni complessive sono in fase di organizzazione in una relazione dedicata. 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.jsp?ID\\_LINK=113248&area=227](https://zanzara.fondazionemcr.it/zanz_context.jsp?ID_LINK=113248&area=227)).

Il grafico seguente (Fig. 30), frutto delle rilevazioni dell'intera stagione di controllo (dal 19 maggio al 27 ottobre 2020, per ventiquattro 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. Lo storico dei dati raccolti dal 2001 al 2019 sono consultabili anche su piattaforma Webgis dove sono visibili tutti i punti di controllo (ovitrappole) utilizzati in questi anni o nell'archivio dedicato dove ogni ovitrappola è presente con la relativa scheda (<https://zanzara.fondazionemcr.it>).



**Fig. 30.** Grafico del numero medio di uova su controlli positivi registrato per ciascun punto di controllo (ovitrappola) presente nei dieci Comuni indagati nel 2020<sup>7</sup>. Complessivamente, da metà maggio a fine ottobre 2020, si sono monitorate per 24 settimane 220 ovitrappole, di cui oltre settanta nel comune di Rovereto, distribuite dal fondovalle fin sui versanti a costituire una rete a maglie fitte.

Dal 2019 ad oggi i dati raccolti sono invece disponibili al link <https://vettoritrentino.it/> del tavolo di lavoro provinciale, dove l'archivio viene implementato in collaborazione con MUSE e Fondazione Mach.

## 2.5 Monitoraggio della flora

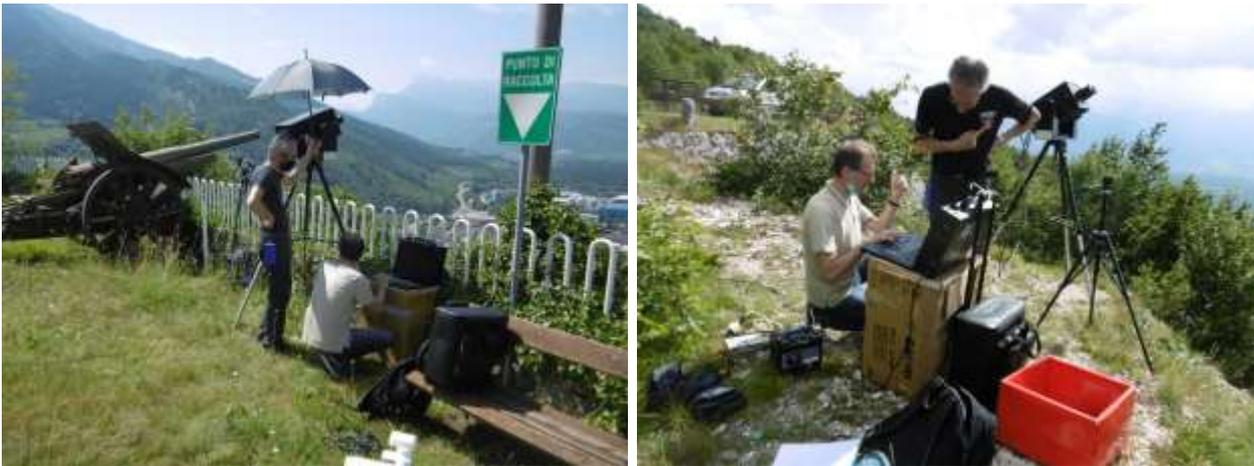
Dal 1991 la Sezione di botanica del Museo Civico di Rovereto, oggi Fondazione, ha avviato il progetto di Cartografia Floristica del Trentino al fine di raccogliere dati distributivi di tutte le piante vascolari spontanee (autoctone, naturalizzate o casuali) su tutta la Provincia di Trento. L'attività di censimento, che considera gran parte della componente vegetale, ha coinvolto il territorio del Comune di Rovereto anche nel 2020, con più uscite per un totale di 2.240 record floristici raccolti.

## 2.6 Monitoraggio iperspettrale

Per un quadro generale ambientale, multi temporale, del territorio roveretano (vegetazione e indicazioni indirette sul primo sottosuolo; coperture e atmosfera) si sta sperimentando la possibilità di sfruttare la tecnologia iperspettrale raccogliendo delle immagini rappresentative della zona di interesse da un paio di siti panoramici affacciati sulla Vallagarina. Infatti, nel corso della giornata del 17 luglio 2020 è stata realizzata una serie di riprese iperspettrali dalla postazione del Sacario militare di Castel Dante e dalla strada che porta al monte Zugna, all'altezza di Malga Tof (Fig. 31). Le postazioni sono le stesse individuate a suo tempo per i saggi realizzati nel 2017, 2018 e 2019. E' stato

<sup>7</sup> Le due zone senza barre nel grafico sarebbero relative ai comuni di Mori e Calliano che però, nell'anno 2020, non hanno partecipato al monitoraggio della zanzara tigre.

impiegato un sistema iperspettrale HYPERSPECTRAL imaging system “PAN & TILT” DV Optich<sup>8</sup> per l'intervallo 400-1000 nm esplorato secondo una serie progressiva di intervalli contigui con risoluzione nominale di 10 nm. A complemento dei rilievi iperspettrali sono state acquisite immagini nel visibile, primo infrarosso (con fotocamera convenzionale Lumix e fotocamera modificata Canon) e infrarosso termico (con un termografo bolometrico Avio A65 per l'intervallo 800-1200 nm)<sup>9</sup>. Le condizioni meteo-climatiche sono risultate purtroppo poco favorevoli.

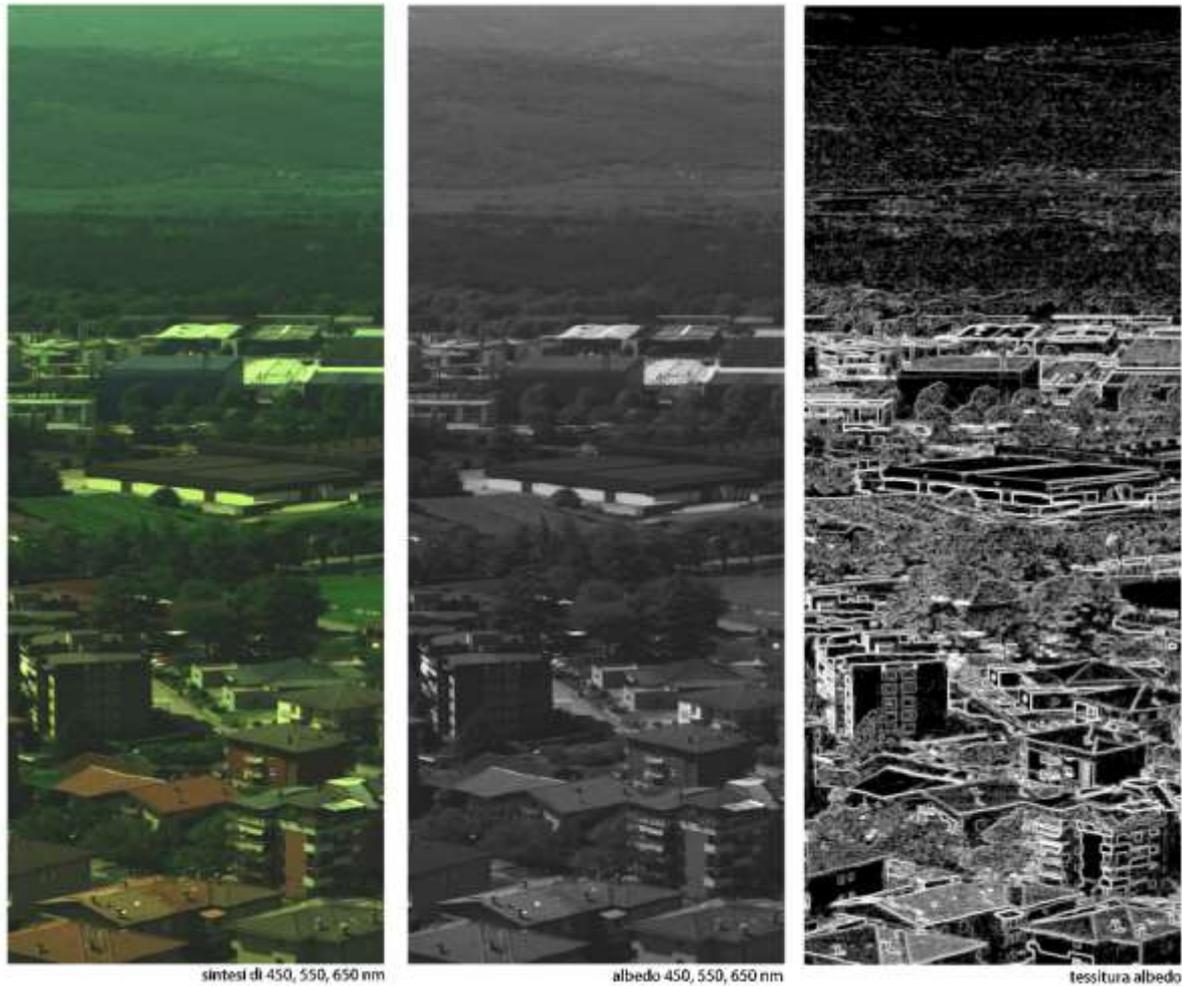


**Fig. 31.** Allestimento delle strumentazioni nelle postazioni del Sacriario Militare (a sinistra) e quello lungo la strada del Monte Zugna (a destra)

Si propongono di seguito (Figg. 32-38) alcuni esempi di elaborazione usando i dati raccolti in campagna. Si tratta di elaborazioni mutate dal telerilevamento facendo ricorso ai concetti di tessitura, stato delle superfici, stato vegetazionale, etc. al fine di ottenere un quadro informativo delle condizioni del territorio alla data della ripresa e confrontabile nel tempo.

<sup>8</sup> La strumentazione a disposizione (spettrometro HYPERSPECTRAL imaging system “PAN & TILT” for remote sensing, DV Optich) è equipaggiata con due sensori e consente di acquisire informazioni per immagini nelle bande di lunghezza d'onda 400-1000 nm e 900-1700 nm, vale a dire dal visibile al primo infrarosso. Il sistema è definito iperspettrale poiché è in grado di misurare oltre 100 bande spettrali grazie alla buona risoluzione spettrale (10 nm).

<sup>9</sup> Le misure sono state acquisite ed elaborate dall'ing. Arnaldo Tonelli.



**Fig. 32.** Riprese eseguite dal Sacratio Militare. Da sinistra a destra:

- sintesi additiva delle bande 450 (in blu), 550 (in verde) e 650 (in rosso)
- albedo corrispondente, somma delle intensità delle 3 bande: si va da una tinta più scura per superfici che assorbono di più a una più chiara per superfici che assorbono meno energia e che quindi si scaldano meno. Eventuali disomogeneità potrebbero essere dovute a presenza di polveri
- analisi della tessitura come somma delle variazioni (in modulo) della albedo nell'intorno di ogni pixel: la tecnica risalta tutte le disomogeneità e quindi anche gli spigoli degli edifici.



**Fig. 33.** Riprese eseguite dal Sacrario Militare. Da sinistra a destra:

- sintesi additiva delle bande 550 (in blu), 650 (in verde) e 750 (in rosso): si è applicata una maschera numerica per separare l'inerte dal vegetato (in viola)

- centro di radianza per lo spettro esteso da 400 a 850 nm ("baricentro" della riflettività): i colori sono più scuri nell'approssimarsi del centro di radianza verso il blu, più chiari verso l'infrarosso

- contrasto spettrale come somma delle variazioni dello spettro da 400 a 850 nm: la tecnica applicata tende a rendere più scuri (fino al nero) gli oggetti grigi e più chiari quelli in altri colori.



inquadatura



polarizzazione normalizzata

**Fig. 34.** Immagine nel visibile (in alto), ripresa dal Sacratio Militare e corrispondente risultato dell'analisi della polarizzazione (sotto): la tecnica applicata rende l'idea di quanto le superfici polarizzino, più sono scure e meno polarizzano (vedi appendice)



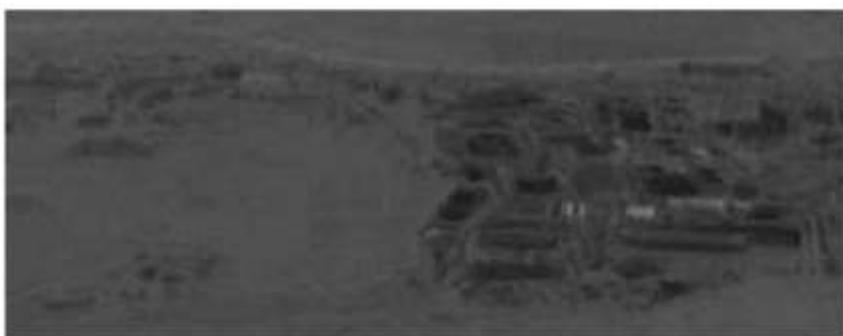
panorama nell'visibile



primo infrarosso



indice di densità della vegetazione



capacità termica

**Fig. 35.** Riprese dal Monte Zugna. Dall'alto in basso:

-immagine nel visibile

-corrispondente inquadratura nel primo infrarosso (700÷800 nm): l'immagine permette di vedere i diversi gradi di riflessione del vegetato, le conifere più scure, le latifoglie più chiare e i prati più chiari ancora

-indice di densità della vegetazione espressa come  $(\text{infrarosso-rosso})/(\text{infrarosso+rosso})$ : la tecnica consente di separare nettamente il vegetato (colore chiaro) dall'inerte (colore scuro)

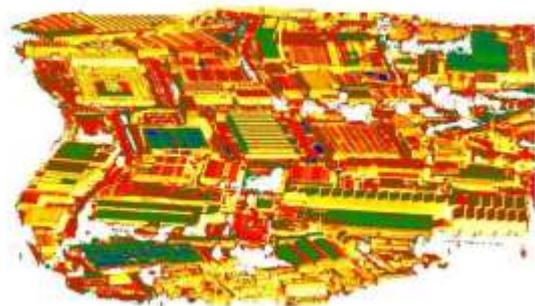
-campo della temperatura di irraggiamento in fase di transitorio crescente che rende l'idea della capacità termica: più la superficie è scura e più è fredda; il colore uniforme rende l'idea del benessere della vegetazione.



panoramica nel visibile



polarizzazione



tipologie di superfici: differenza normalizzata verde con infrarosso

**Fig. 36.** Riprese dal Monte Zugna:

-immagine nel visibile

-corrispondente risultato dell'analisi della polarizzazione: la tecnica risalta tutte le disomogeneità e quindi anche gli spigoli degli edifici

-saggio di classificazione di superfici inerti in codice di colori.



Sintesi di 450, 550, 650 nm

estate 2018

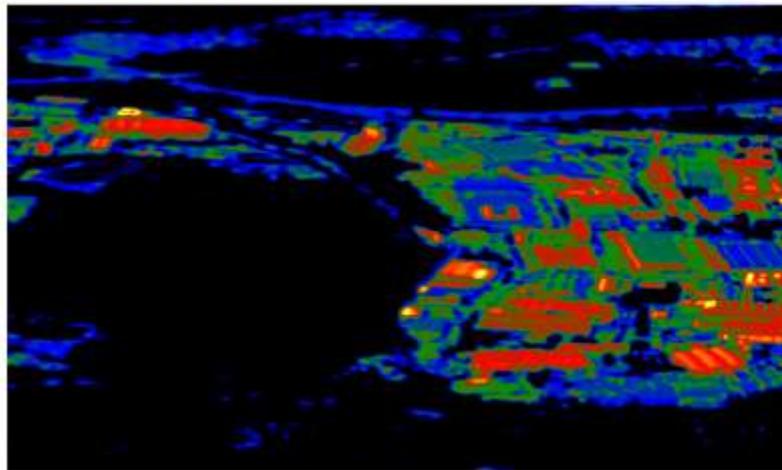


estate 2019



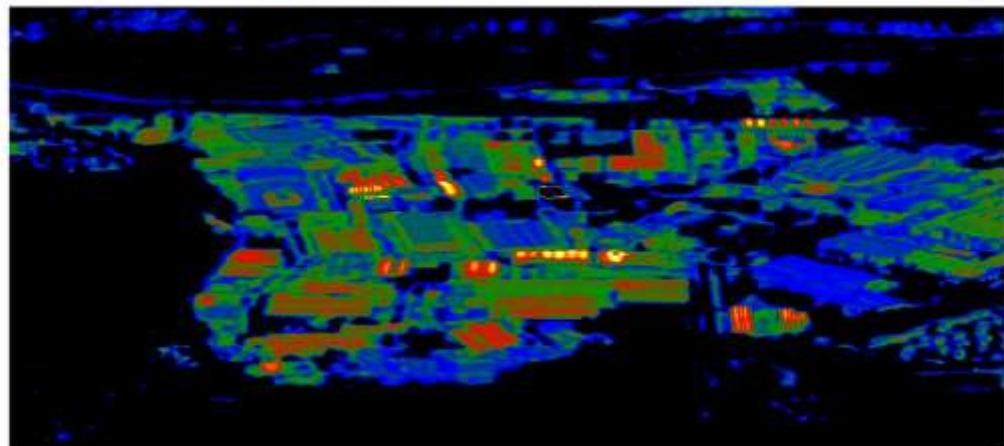
estate 2020

**Fig. 37.** Riprese dal Monte Zugna:  
-sintesi delle bande 450, 550, 650 nm dai rilievi del 2018, 2019 e 2020

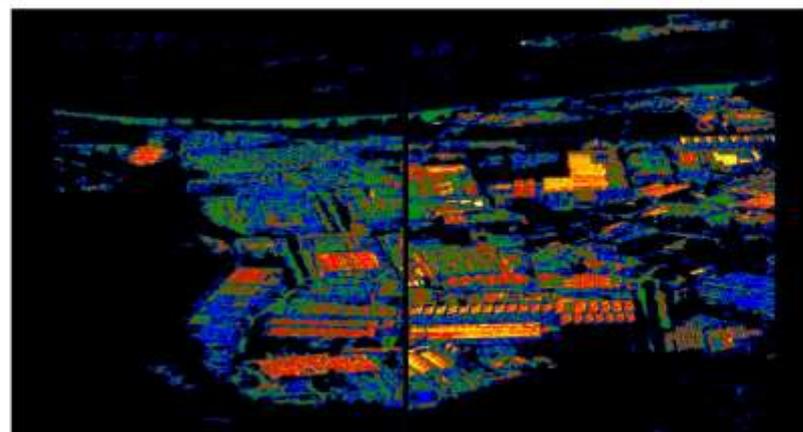


Classi di superfici  
da  
700 - 750 nm

estate 2018



estate 2019



estate 2020

**Fig. 38.** Riprese dal Monte Zugna:

-saggio di classificazione di superfici inerte sulla base del confronto fra b700 e b750 in codice di colori: nel confronto di immagini rilevate in date diverse è importante limitare l'impatto della trasmissione dell'atmosfera oltre la frontiera del visibile; nel primo infrarosso la trasmissibilità è migliore quindi nell'esempio è confrontata la banda 700 con la 750. Nelle immagini una maschera numerica ha separato l'inerte dal vegetato perciò è visibile solo l'inerte. Ci sono piccole variazioni di colore nelle immagini tra un anno e l'altro che fanno intuire come alcune superfici abbiano subito dei cambiamenti.

Il dato iperspettrale, il cui valore aggiunto sta – oltre che nella sua ricchezza e articolazione di informazioni grazie alla ampia banda elettromagnetica esplorata – nell’approccio multi temporale con cui è acquisito, vale a dire nella ripetizione nel tempo a costruire una vera e propria serie storica, è a disposizione di privati e professionisti per elaborazioni mirate o per la risoluzione di problematiche specifiche.

### **3. Conclusioni**

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.

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 il Direttore del Sacratio Militare di Asiago, Tenente Colonnello Giuseppe Margoni, Ministero della Difesa, Commissariato Generale per le Onoranze ai Caduti, per aver autorizzato l’accesso, allo spazio esterno del Sacratio Militare di Rovereto per l’esecuzione delle riprese iperspettrali. Si ringraziano anche gli addetti alla custodia per la disponibilità dimostrata.

Si ringrazia l’Unità Organizzativa Aria, Agenti Fisici e Bonifiche di Appa nella figura del Sostituto Direttore Gabriele Tonidandel e dei Funzionari Valentina Miotto e Selene Cattani per aver curato il condizionamento dei filtri utilizzati nella sessione di campionamento polveri sottili, per gli utili e fattivi consigli tecnici e ancora, per aver fornito i dati delle polveri sottili nelle finestre temporali di interesse rilevate dalla stazione APPA collocata in centro a Rovereto.

Si ringraziano il Dottor Franco Finotti e il Dottor Arnaldo Tonelli per aver messo a disposizione a titolo gratuito esperienza e tempo, per lo svolgimento della sessione di acquisizione iperspettrale e per le fasi di analisi dei dati (A. Tonelli).

Si ringraziano, per il Laboratorio di Dolomiti Energia Holding S.p.A., Marco Visintainer, per la estrema gentilezza e disponibilità, oltre che professionalità, anche nel fornire informazioni e supporto.

## APPENDICE

### Note esplicative all'analisi iperspettrale (e di telerilevamento in generale)

#### Sintesi additiva

L'intensità di terne di bande  $R_x R_y R_z$  viene assegnata a modulare 3 colori fondamentali R, V, B. Così nei casi delle figure 2 e 3 sono stati assegnati

$$\begin{array}{lll} R_{650} > \text{rosso} & \text{e, rispettivamente} & R_{750} > \text{rosso} \\ R_{550} > \text{verde} & & R_{650} > \text{verde} \\ R_{450} > \text{blu} & & R_{550} > \text{blu} \end{array}$$

#### Albedo

E' la somma della radiazione riflessa dalla serie contigua di bande di riflettività  $R_i$  considerate

$$\text{albedo ALB} = \sum_i R_i$$

Per le superfici opache il suo complemento è indice dell'energia radiante assorbita

#### Tessitura

La somma del valore assoluto delle variazioni di riflettanza R nell'intorno di ogni singolo elemento-immagine  $(x_i, y_i)$  secondo direzioni ortogonali rende la tessitura:

$$\text{tessitura TEXT} = \sum_i |R(x_i, y_i) - R(x_{i+1}, y_i)| + |R(x_i, y_i) - R(x_i, y_{i+1})|$$

#### Centro di radianza

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

$$\text{CRAD} = (\sum_i b_i R_i) / (\sum_i R_i)$$

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.

#### Contrasto spettrale

Il contrasto spettrale CSP è la somma delle differenze fra intensità della riflettanza fra bande adiacenti  $R_i$

$$\text{CSP} = \sum_i |R_i - R_{i+1}|$$

Il contrasto spettrale viene a volte normalizzato alla albedo nell'intento di compensare l'impatto della morfologia delle superfici rilevate sulla riflessione.

#### Polarizzazione

Serie di riprese attuate con filtro polarizzatore ruotato in posizioni progressive rendono immagini di intensità variabile se le superfici rilevate hanno un piano di polarizzazione prevalente. Da una serie di immagini acquisite entro il campo  $0 \div \pi$  si estraggono i valori di polarizzazione con intensità massima  $P_{max}$  e minima  $P_{min}$  che in accordo alla relazione

$$\text{POLAR} = (P_{max} - P_{min}) / (P_{max} + P_{min})$$

distinguono le zone dove prevale la polarizzazione della luce incidente rispetto alle zone "amorfe".

E' anche un modo per classificare le superfici. La varianza di POLAR è interessante a descrivere le discontinuità, come è reso, in altro modo, dalla tessitura.

#### Indice di vegetazione

La densità della copertura vegetale viene correntemente descritta dalla relazione

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

dove Irf 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.

### **Capacità termica**

La capacità termica rende conto della quantità di calore accumulata nella massa di un materiale a pari differenza di temperatura. Il confronto della temperatura raggiunta da masse sottoposte a irraggiamento costante, nello stesso intervallo di tempo, è indice della loro capacità termica.