



fondazione
museo civico
di rovereto

borgo santa caterina 41
38068 rovereto (tn) italia
tel. +39 0464 452800
fax +39 0464 439487
P.IVA e C.F. 02294770223
museo@fondazionemcr.it
www.fondazionemcr.it

Fondazione Museo Civico di Rovereto

**Attività di monitoraggio ambientale
2019**

**Comprensiva delle analisi dei dati odorigeni dell'ultimo
trimestre 2019**

Rovereto, gennaio 2020

A cura di
Fondazione Museo Civico di Rovereto

INDICE

1. PREMESSA	3
2. MONITORAGGIO AMBIENTALE	4
2.1 MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA: MOLESTIA ODORIGENA	4
SEGNALAZIONI DEI NASI UMANI	10
MANUTENZIONE, SOPRALLUOGHI E INDIVIDUAZIONE DI NUOVE SORGENTI ODORIGENE	13
2.2 MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA: INQUINANTI E POLVERI SOTTILI	13
RILEVAZIONE POLVERI SOTTILI	14
BIOMONITORAGGIO LICHENICO	21
2.3 MONITORAGGIO DELLA PRIMA FALDA	22
2.4 MONITORAGGIO ENTOMOLOGICO DELLA ZANZARA TIGRE	24
2.5 MONITORAGGIO DELLA FLORA	25
2.6 MONITORAGGIO IPERSPETTRALE	25
4. CONCLUSIONI.....	33
RINGRAZIAMENTI	33

1. Premessa

La presente relazione costituisce un compendio delle attività di monitoraggio ambientale svolte dalla Fondazione MCR nel corso del 2019 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; 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.

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, 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, http://www.zanzara.fondazionemcr.it/zanz_home.jsp.

Di seguito verrà dedicato un paragrafo di approfondimento agli ambiti di ricerca portati avanti nel 2019.

2. Monitoraggio ambientale

Il monitoraggio ambientale ha riguardato nel 2019 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 è stata eseguita a gennaio 2019 in modo da avere il periodo di controllo confrontabile con quello delle precedenti campagne di indagine (2014; 2016).

2.1 Monitoraggio della qualità dell'aria: molestia odorigena

Per quanto riguarda la rilevazione della molestia odorigena nel 2019 con la strumentazione Pen3Meteo, detta “naso elettronico”, per i periodi gennaio–maggio e giugno–settembre, si rimanda ai rispettivi report tematici consultabili on line nella pagina “DATI” del sito EMAS (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 non è automatizzata e richiede all'operatore molto tempo per l'assemblaggio manuale di migliaia di misure, e i nuovi grafici vengono aggiunti periodicamente; attualmente risultano scaricabili i grafici relativi alle rilevazioni dal 2016 fino a maggio 2019 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 2019 (Figure da 2 a 5).

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 la eventuale prevalenza di alcune sorgenti rispetto ad altre.



Dal 21 maggio 2019 la centralina di misura, dopo nove mesi di operatività presso l'area nord dell'impianto sportivo “Vigagni” in via Tagliamento a Lizzana, è stata spostata presso la postazione – già utilizzata in passato – di via Pederzini (Fig. 1), con la centralina (naso elettronico, punto di aspirazione dell'aria e anemometro) installati all'aperto, in area verde. Le registrazioni dell'ultima parte dell'anno, presentano due interruzioni, la prima tra il 16 e il 17 luglio legata a una mancata alimentazione per un'accidentale rottura del cavo elettrico, la seconda tra il 25 e 27 settembre per un problema al software di gestione.

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

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).

Riassumendo dal primo di ottobre 2019 al 31 dicembre 2019 la quantità di dati raccolti è stata la seguente:

- ✓ Giorni di misura: 92 (aggiornato al 31/12 compreso)
- ✓ N. totale misure: 19371 (aggiornato al 31/12 compreso)
- ✓ N. misure al giorno: ca. 210.

Di seguito si riportano i grafici, costruiti per i singoli anni dal 2016 al 2019, pertinenti agli eventi odorigeni con intensità relativa pari o superiore al livello 2, aggiornati al 31 dicembre 2019 (Figg. 2-5). Comprendono e considerano tutti i periodi di rilevazione in continuo effettuati dal naso elettronico da maggio 2016 a fine 2019. 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.

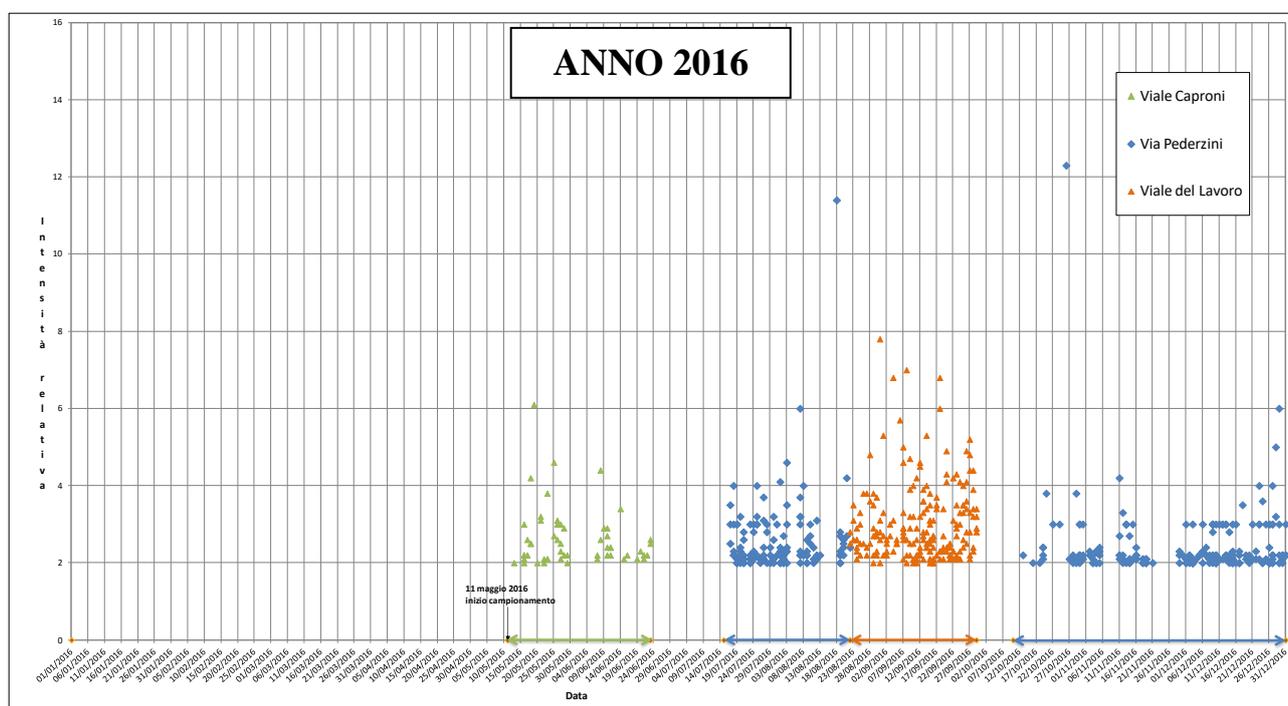


Fig. 2. Grafico dell'andamento nel tempo (dall'11 maggio 2016 al 31 dicembre 2016) dei periodi con intensità relativa dell'odore pari o superiore a 2. Le frecce orizzontali sull'ascissa rappresentano gli intervalli temporali in cui la strumentazione Pen3Meteo ha registrato in continuo.

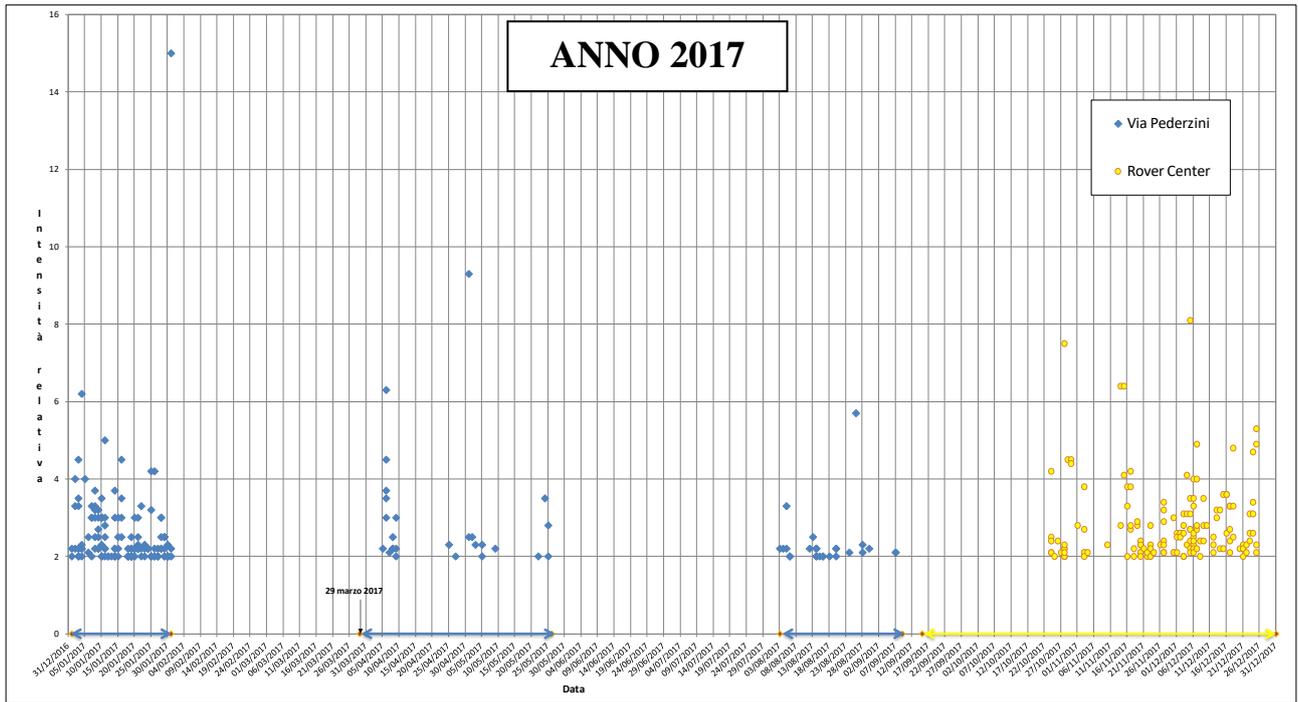


Fig. 3. Grafico dell'andamento nel tempo (dal 1 gennaio 2017 al 31 dicembre 2017) dei periodi con intensità relativa dell'odore pari o superiore a 2. Si osserva che dal 29 marzo 2017 è divenuto operativo il sistema di abbattimento odori della Azienda Sandoz S.p.a. Le frecce orizzontali sull'ascissa rappresentano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

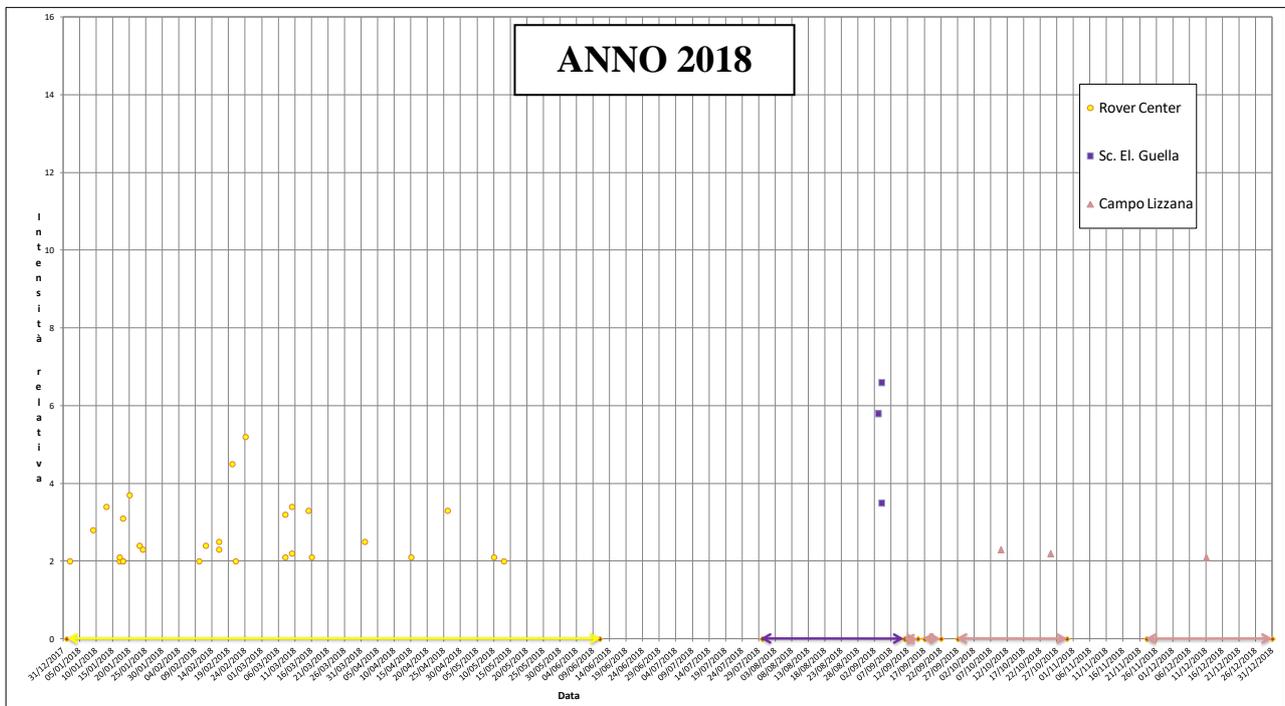


Fig. 4. Grafico dell'andamento nel tempo (dal 1 gennaio 2018 al 31 dicembre 2018) dei periodi con intensità relativa dell'odore pari o superiore a 2. Le frecce orizzontali sull'ascissa rappresentano gli intervalli temporali in cui la strumentazione Pen3Meteo ha registrato in continuo.

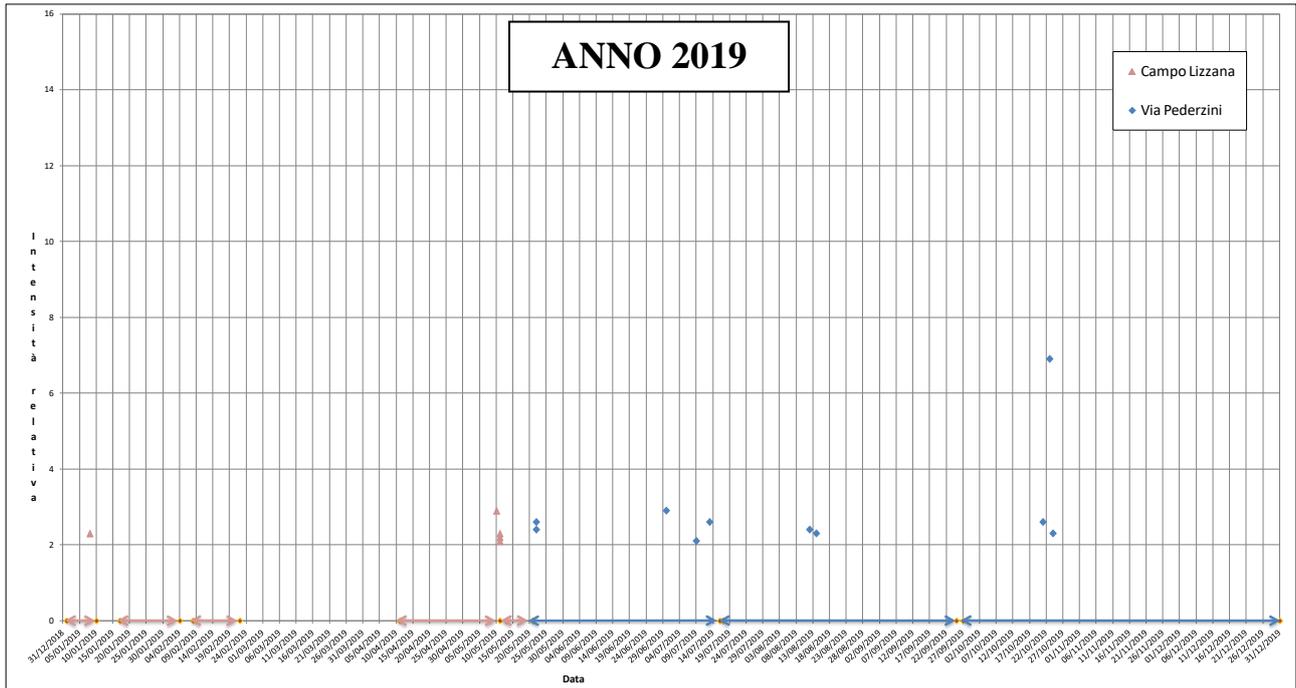


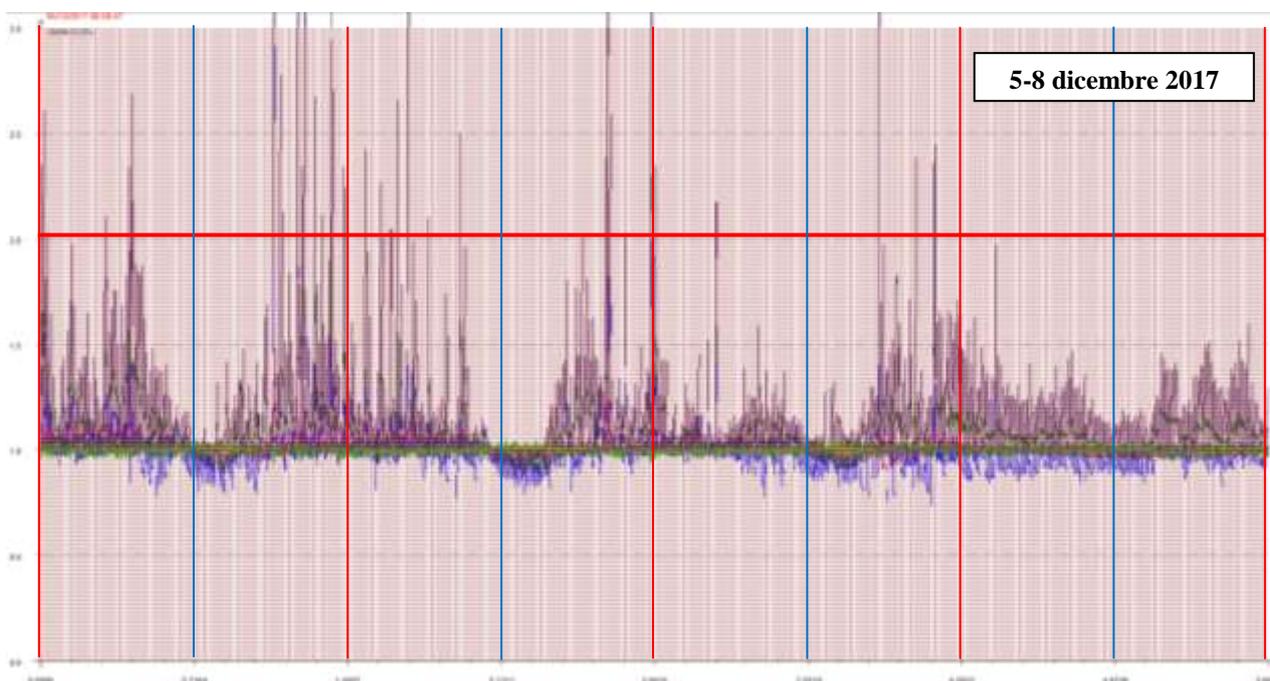
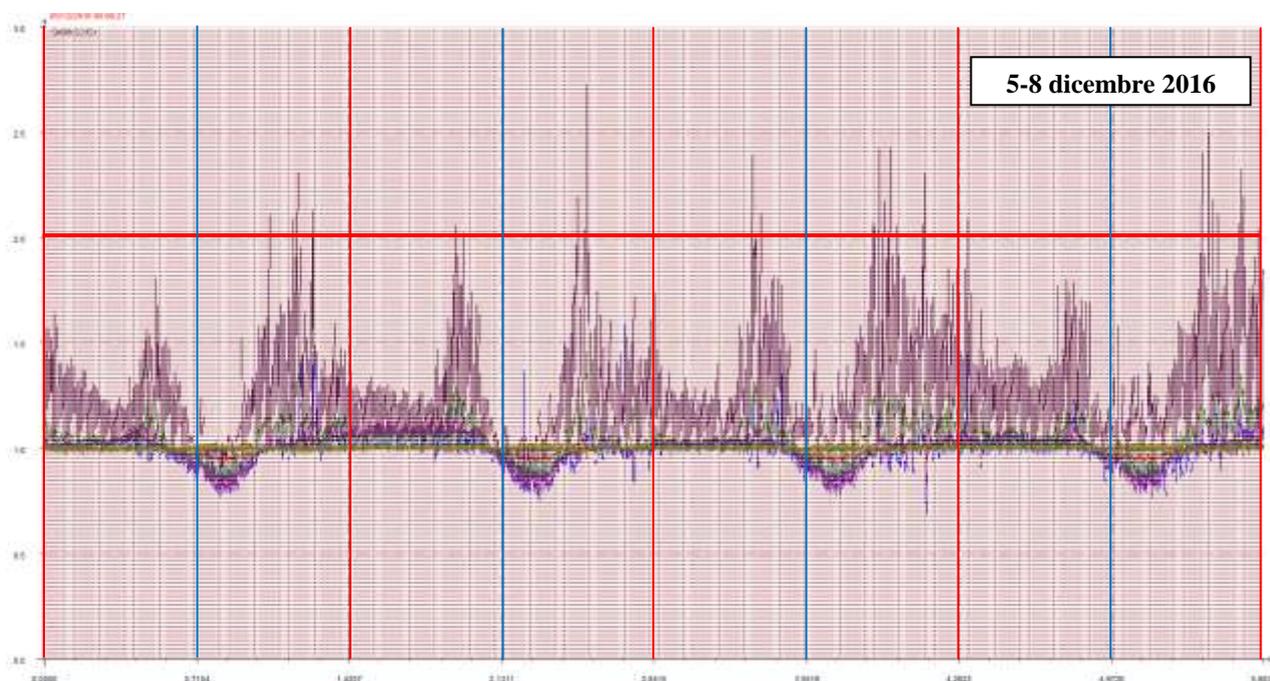
Fig. 5 Grafico dell'andamento nel tempo (dal 1 gennaio 2019 al 31 dicembre 2019) dei periodi con intensità relativa dell'odore pari o superiore a 2. Le frecce orizzontali sull'ascissa rappresentano gli intervalli temporali in cui la strumentazione Pen3Meteo ha registrato in continuo.

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

Nel corso di quest'anno sono stati registrati dalla strumentazione 15 casi con odori al di sopra della soglia relativa 2, uno solo dei quali di particolare intensità il giorno 24 ottobre (Fig. 5), 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 di nasi umani e Circostrizione 5) 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 Fig. 5 là dove le frecce orizzontali sull'asse delle ascisse sono interrotte. Si riporta di seguito un confronto fra le misurazioni degli odori (Fig. 6) in quattro analoghe finestre temporali nelle giornate dal 5 all'8 dicembre degli anni 2016, 2017, 2018 e 2019, quale esempio di quanto la situazione in termini di odore nella zona indagata sia molto migliorata nel corso del 2018 e del 2019 rispetto agli anni precedenti. 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 Figg. 2, 3, 4 e 5.



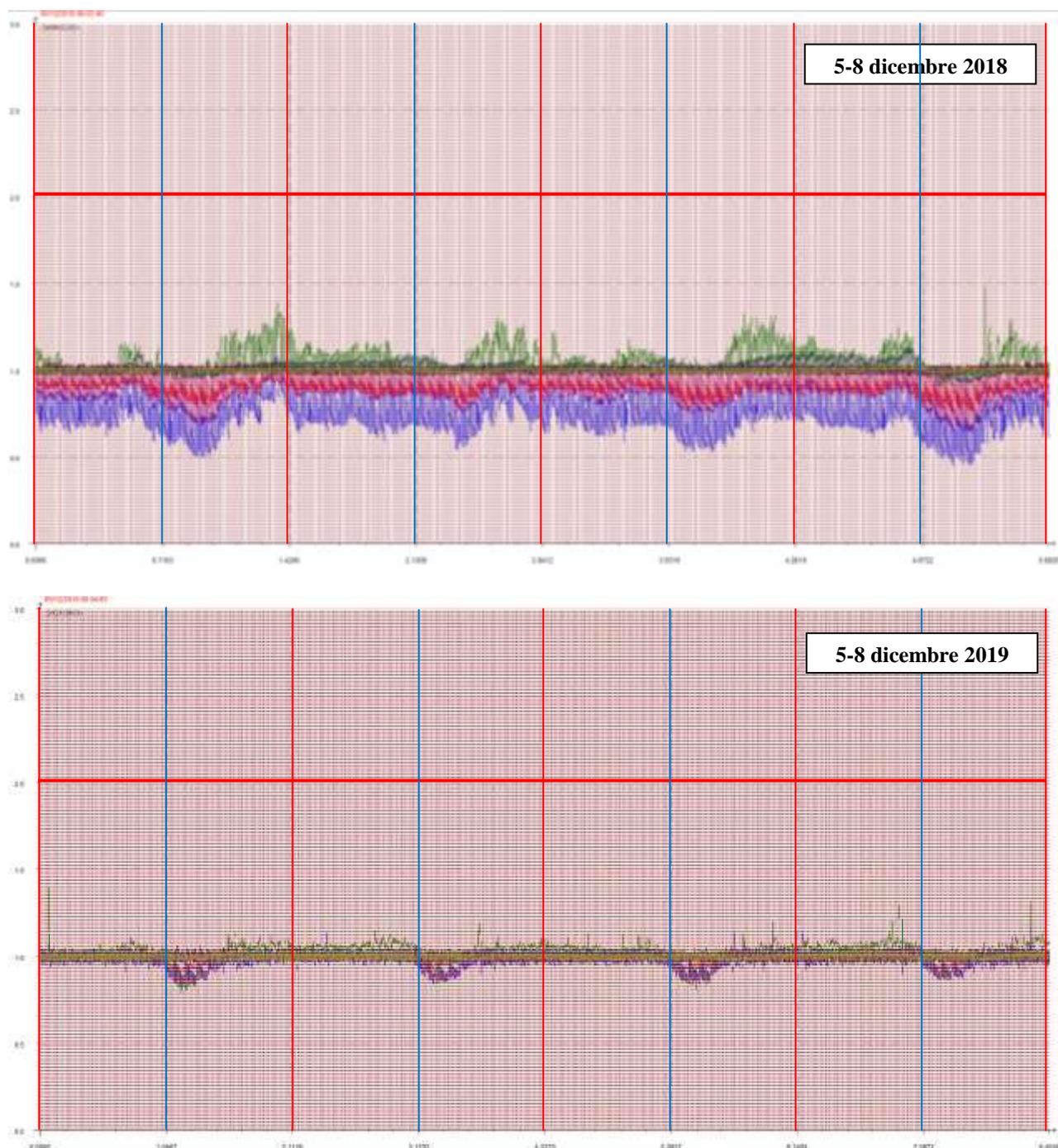


Fig. 6. A confronto, a titolo di esempio, i quattro grafici relativi agli anni 2016, 2017, 2018 e 2019 dell'intensità relativa di odore registrata dal naso elettronico nei medesimi giorni, dal 5 all'8 dicembre. Per la lettura del grafico: la linea rossa orizzontale sta a indicare la soglia di intensità 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 2019 si riconosce 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.

Segnalazioni dei nasi umani

Da luglio 2019, grazie alla collaborazione della Circoscrizione Lizzana, la rete dei segnalatori si è allargata con due nuovi nasi umani, portando quindi a sei i luoghi, distribuiti tra Lizzana e la Zona industriale roveretana, da cui arrivano alla Fondazione MCR le segnalazioni mensili, registrate 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 inoltre prese in considerazione le eventuali segnalazioni pervenute alla Fondazione per tramite dell'Ufficio Ambiente del Comune di Rovereto.

Nel corso del 2019 le finestre temporali comprendenti le indicazioni dei nasi umani sono sempre state interessate dalle registrazioni in continuo del naso elettronico ad eccezione di sei segnalazioni. Nel corso dei 12 mesi si sono avute 125 comunicazioni dei nasi umani e dal grafico di Fig. 7 è possibile notare come nei mesi estivi ci sia stato un periodo di maggiore molestia rispetto agli altri (con un massimo di 38 segnalazioni a giugno), che va decisamente a calare nei mesi invernali (nessun avviso a gennaio e a dicembre). Considerando quindi che da luglio il numero di segnalatori è aumentato, sei contro i quattro di giugno, quest'ultimo risulta essere stato decisamente il mese più molesto rispetto al periodo considerato.

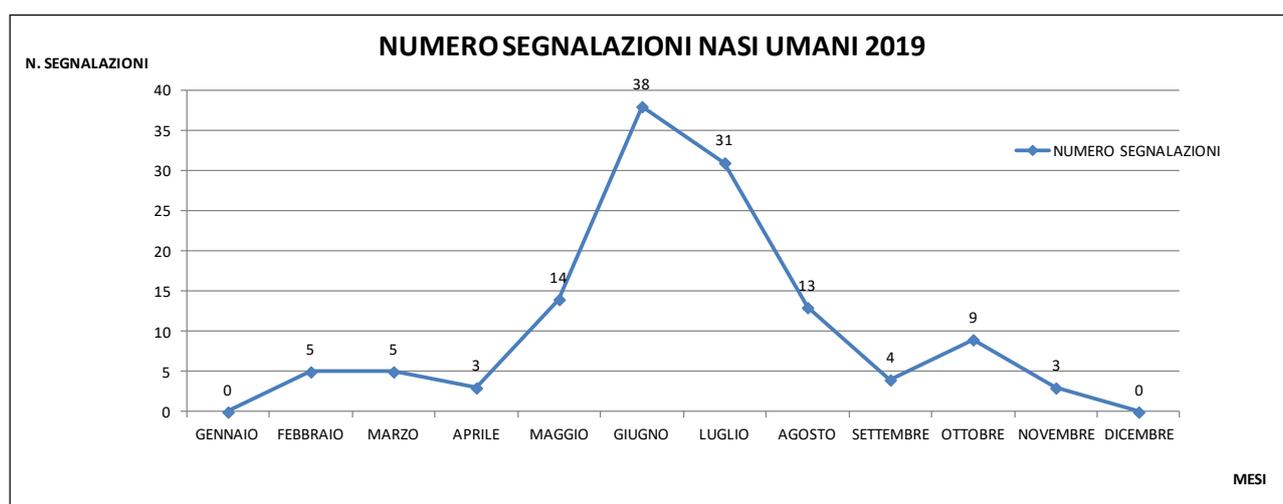


Fig. 7. Grafico delle segnalazioni per ogni mese del 2019 pervenute dai cittadini di Lizzana e dintorni coinvolti nel progetto di monitoraggio ambientale.

Legenda segnalatori

ID segnalatore	INDIRIZZO
4	Via Pederzini
5	Via dell'Artigiano
6	Via Caproni
8	Via Don Brachetti
9	Viale del Lavoro
10	Via Grandi

Legenda intensità odore

1	percepibile /distinguibile
2	forte
3	molto forte
4	fortissimo

Data	ID	ora iniziale	ora finale	intensità odore	note
1-31/10/2019	8				nessun odore per l'intero mese
01/10/19	6				Zaffate di puzza di capucci marci o similare
11/10/19	9	14:30	17:30	2	condizioni meteo buone
12/10/19	4	15:55			tempo coperto - puzza persistente
12/10/19	10	16:00		1	sereno, sostanze chimiche
14/10/19	9	14:30	17:30	2	condizioni meteo buone
21/10/19	9	14:30	17:30	1	condizioni meteo buone
29/10/19	10	14:00		1	sereno, sostanze chimiche
30/10/19	9	14:30	17:30	1	condizioni meteo, coperto/pioggia
31/10/19	10	13:00		1	sereno, sostanze chimiche
1-30/11/2019	6				nessun odore per l'intero mese
1-30/11/2019	8				nessun odore per l'intero mese
1-30/11/2019	9				nessun odore per l'intero mese
01/11/19	4	09:30			puzza
04/11/19	4	10:30			puzza
24/11/19	10	08:30	10.30	1	puzza
1-31/12/2019	6				nessun odore per l'intero mese
1-31/12/2019	8				nessun odore per l'intero mese
1-31/12/2019	4				nessun odore per l'intero mese; assente dal 27 al 31 inclusi
1-31/12/2019	5				nessun odore per l'intero mese; assente dal 27 al 31 inclusi
1-31/12/2019	10				nessun odore per l'intero mese

Tab. 1. Elenco delle segnalazioni da ottobre a dicembre 2019 pervenute dai nasi umani¹, comprensivo dei mesi in cui i segnalatori non hanno riportato alcun evento di odore. Per il periodo qui considerato non sono pervenute indicazioni ulteriori tramite l'Ufficio Ambiente del Comune di Rovereto.

¹ Per i periodi precedenti si faccia riferimento ai report già pubblicati sul sito EMAS del Comune di Rovereto. Nel mese di dicembre il segnalatore ID 9 non ha fornito dati.

Da ottobre a dicembre 2019 il monitoraggio della qualità dell'aria in termini di molestia odorigena è stato svolto dalla strumentazione Pen3Meteo (PCA Technologies) in modo continuo.

Nel corso di questo periodo di tempo solo le zaffate individuate dal naso elettronico il 21 ottobre sono state percepite anche da uno dei nasi umani, mentre le altre due, sempre di ottobre, non sono state avvertite dai segnalatori. Una in particolare era a notte fonda mentre l'altra 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 12 segnalazioni di odore comunicate dai cittadini di Lizzana solo quella sopra detta del 21 ottobre trova ovviamente riscontro nelle misure elettroniche.

Il numero degli eventi sopra soglia rilevati dalla macchina è molto inferiore rispetto a quello delle segnalazioni dei nasi umani (15 vs 125), ma rappresentano grossomodo trend simili e sono quindi abbastanza coerenti. 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 (è stata una su sei fino al 13 maggio) 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 a giugno 2019 tra la zona industriale e l'abitato di Lizzana, hanno confermato come l'odore abbia 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 aumentato il numero dei segnalatori, i casi in cui – tra luglio e dicembre – si è verificata tra loro una coincidenza di rilevazione sono stati solo sei (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, fatta eccezione per ID8 che si trova a Lizzanella, sono infatti concentrati in zona industriale e fascia residenziale direttamente limitrofa (a valle della Statale del Brennero).

Infine, dato che spesso è difficoltoso per i segnalatori garantire la costanza delle osservazioni potrebbe venire in aiuto la disponibilità di una piattaforma on line, *user friendly*, strutturata in modo che i segnalatori della rete dei nasi umani, ma anche i privati cittadini, possano comunicare la molestia in tempo reale e l'informazione sia agganciata a una base georeferenziata, risultando così

le indicazioni a disposizione dei ricercatori della Fondazione MCR oltre che dell'Amministrazione comunale.

Manutenzione, sopralluoghi e individuazione di nuove sorgenti odorigene

Si ricorda che nella prima parte del 2020 andrà programmato lo spegnimento del naso elettronico per un intervento di manutenzione sui sensori e, a seguire, rendere possibile una nuova campagna di rilevamenti delle potenziali sorgenti odorigene già campionate (o ancora da campionare) al fine di aggiornare la banca dati di riferimento. Questo anche alla luce del fatto che le aziende che svolgono attività potenzialmente odorose nel corso del tempo possono variare la loro produzione industriale, apportare modifiche agli impianti, e cambiare così la tipologia di emissioni.

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 di fonti odorigene a periodi di monitoraggio ambientale.

Nel corso del 2019 non si sono effettuate altre campagne di campionamento di sorgenti potenzialmente odorose, né ne sono state programmate di nuove non avendo ricevuto comunicazioni di variazioni nelle linee produttive esistenti o attivazioni di nuove in zona industriale. Il biofiltro con copertura dell'impianto per l'umido nella discarica "Ai Lavini" è stato completato e quindi nel 2020 dovrà essere campionato e aggiunto al pattern di riferimento delle potenziali fonti odorose, mentre la modifica delle linee dell'impianto di depurazione provinciale al Navicello prevista per il 2019, non è stata eseguita.

Ciò non di meno sono stati condotti sia frequenti sopralluoghi in zona industriale per saggiare la situazione di odore dell'aria e incrociarla col dato elettronico, sia il controllo 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 2019 attraverso l'utilizzo della strumentazione per il campionamento delle polveri sottili disponibile sul laboratorio mobile comunale e programmando la ripetizione dell'ultima campagna (2016) di biomonitoraggio per tramite di licheni epifiti, espianati ed esposti per i primi mesi del 2019.

Rilevazione polveri sottili

Nel corso del 2019 sono state svolte due campagne di rilevazione delle polveri sottili, una tra marzo e aprile e un'altra tra ottobre e novembre, una terza campagna di monitoraggio prevista per il 2019, slittata a gennaio 2020 a causa di problemi tecnici della strumentazione, sarà inserita nel report di maggio 2020.

In entrambi 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 (polvere totale). 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 delle campagne di rilevamento di autunno 2019 e inverno 2020 della Fondazione MCR mentre quella della primavera 2019 era inserita in un ambito industriale.

Durante l'anno infatti il laboratorio mobile comunale ha campionato, a marzo-aprile, nell'area recintata nei pressi del campo da calcio di Lizzana, mentre a ottobre-novembre è stato dislocato in zona urbana su corso Bettini nel punto in cui questo si incontra con viale San Francesco e viale Trento. In generale il confronto con i dati di APPA (riferiti però alle sole PM10) ha mostrato buona concordanza nel trend, con valori tendenzialmente superiori – come atteso – trattandosi di misure di polveri totali (FMCR) e non solamente PM10 (APPA) che sono una frazione delle polveri totali. Solo nelle giornate in cui ha piovuto², che vanno dal quattro al sei aprile 2019, l'andamento delle concentrazioni è stato decisamente diverso, infatti i pesi delle polveri totali del quattro e cinque aprile sono risultati essere inferiori rispetto a quelli rilevati da APPA³ che, nonostante la pioggia, ha visto aumentare la concentrazione delle polveri rispetto ai giorni precedenti, mentre il terzo giorno la situazione si è invertita con un peso del particolato piuttosto basso per APPA e un peso invece più elevato per quello della FMCR. Queste irregolarità potrebbero essere dovute ad anomalie locali, legate all'evento meteorico, essendo le due strumentazioni inserite in contesti differenti, una al limite tra una zona industriale e una residenziale, l'altra in area urbana. In generale esiste una dipendenza dalle condizioni meteorologiche, date non solo dalla pioggia ma anche dalla direzione e velocità del vento, e dalla pressione.

Tra ottobre e novembre 2019 le rilevazioni effettuate in corso Bettini a Rovereto, hanno invece evidenziato un andamento molto simile nella concentrazione giornaliera delle polveri con quanto campionato da APPA nello stesso periodo di tempo in via Manzoni (si tratta quindi, in entrambi i casi, di un contesto urbano), con la quasi sistematica e prevedibile differenza di una più alta concentrazione per la centralina di corso Bettini, avendo questa raccolto le polveri atmosferiche totali e non solo la frazione delle PM10.

² Dati pluviometrici da Meteotrentino <http://storico.meteotrentino.it/web.htm?ppbm=T0147&rs&1&df>

³ Sebbene questa avesse raccolto unicamente il particolato più sottile PM10.

Gli eventi meteorici che si sono susseguiti nel corso dei 15 giorni di monitoraggio si sono ripercossi nella concentrazione delle polveri sottili atmosferiche, soprattutto in relazione alle giornate che vanno dal tre al sette di novembre in cui si sono registrate precipitazioni piovose abbastanza intense. Di seguito l'andamento grafico (Figg. 8-9) delle concentrazioni di particolato rilevate nelle due sessioni di misura di marzo-aprile 2019 e ottobre-novembre 2019, espresso in microgrammi di polveri per metro cubo di aria.

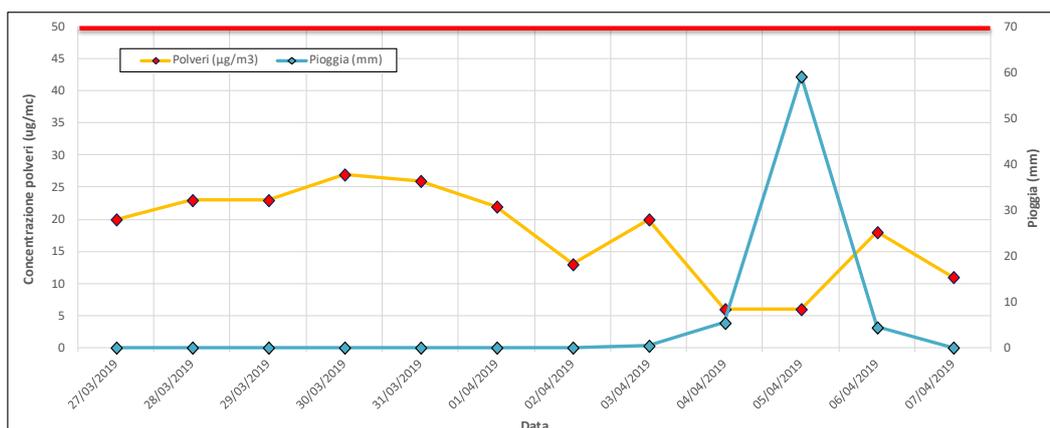


Fig. 8. Grafico delle rilevazioni giornaliere delle polveri totali ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) effettuate dalla strumentazione del Comune di Rovereto al campo da calcio di Lizzana tra marzo e aprile del 2019. La linea rossa in alto indica il valore da non superare secondo la normativa (D.Lgs. 155/2010) sulle 24 h di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (riferito però alla sola frazione PM10) per la protezione della salute umana.

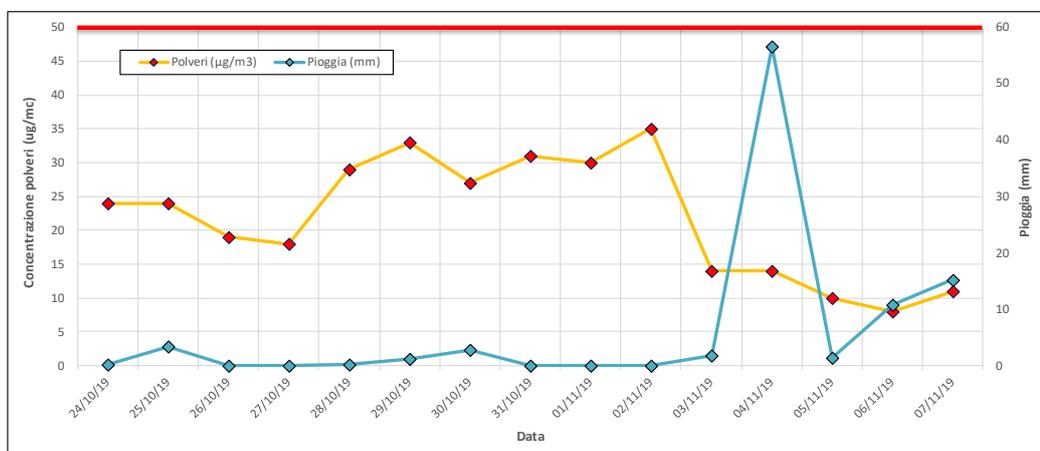


Fig. 9. Grafico delle rilevazioni giornaliere delle polveri totali ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) effettuate dalla strumentazione del Comune di Rovereto su corso Bettini tra ottobre e novembre del 2019. La linea rossa in alto indica il valore da non superare secondo la normativa (D.Lgs. 155/2010) sulle 24 h di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (riferito però alla sola frazione PM10) per la protezione della salute umana.

Il valore giornaliero medio di polveri totali rilevato nelle due settimane di controllo a marzo-aprile 2019 è stato di $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre a ottobre-novembre 2019 di $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Si ricorda che la Norma (D.Lgs. 155/2010) indica come valore limite sulle 24 h per la protezione della salute umana $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, riferito però alla sola frazione PM10. Il campionamento eseguito dal laboratorio della Fondazione MCR ha invece riguardato il totale delle polveri atmosferiche e questo perciò significa

che il valore delle PM10 sarà stato, ovviamente, ancora minore rispetto ai valori sopra riportati, che riguardano invece il complesso delle particelle.

In relazione alle varie rilevazioni del 2019, oltre alla determinazione della concentrazione del particolato totale si sono eseguite anche analisi chimiche sui campioni di polveri raccolti 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; 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). 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. 10-17). 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 secondo passo dopo quelle dello scorso anno verso una serie multitemporale da costruire, si può osservare come, in generale, i valori giornalieri dei vari metalli pesanti siano ampiamente al di sotto della norma.

Cromo e Vanadio (Figg. 14-15) a Lizzana rientrano nell'intervallo di misure che sarebbero tipiche di aree remote (secondo l'OMS 0-0,003 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) invece a Rovereto la situazione è simile per quanto riguarda il Vanadio, mentre i valori del Cromo sono altalenanti, a seconda della giornata, tra quelli tipici dei centri urbani (secondo l'OMS 0,004-0,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e quelli di aree remote. Da evidenziare in Corso Bettini nella sola giornata del 28 ottobre un sostanziale aumento nella concentrazione atmosferica del cromo e di diversi altri metalli come Fe, Mn, Cu, Ni pur rimanendo entro i range propri dei centri urbani e molto al di sotto dei valori limite raccomandati.

Anche Manganese e Piombo (Figg. 12-13), nei due siti di campionamento, sempre rispetto alle medesime linee guida, sono decisamente inferiori al valore di riferimento avendo anch'essi 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) tranne che per la sola giornata del 27 marzo a Lizzana dove la misura del Piombo è arrivata a 0,19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ossia arrivando nella fascia tipica dei centri urbani (secondo l'OMS Pb tra 0,15 e 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Si è poi verificata una volta di più la buona correlazione lineare tra Manganese e Ferro, come atteso, in virtù del loro uso spesso congiunto nell'attività industriale.

Arsenico, Cadmio e Nichel (Figg. 16-17), si presentano anch'essi con quantità ben lontane dai limiti delle linee guida dell'OMS con valori di concentrazione nell'aria molto bassi. L'Arsenico presenta valori di concentrazione, nei giorni di campionamento, che secondo l'OMS sarebbero più tipici di zone remote (inferiori a 3 ng/m^3) mentre per il Nichel si hanno concentrazioni che sono normali nelle zone urbane (secondo l'OMS 1-10 ng/m^3) tranne che per il giorno 28 ottobre quando questo limite viene leggermente superato. Di seguito i risultati delle analisi, affidate al Laboratorio di Dolomiti Energia Holding S.p.A., raffigurati per tramite di 8 grafici di sintesi con rappresentato, inoltre, l'andamento della piovosità giornaliera (Figg. 10-17).

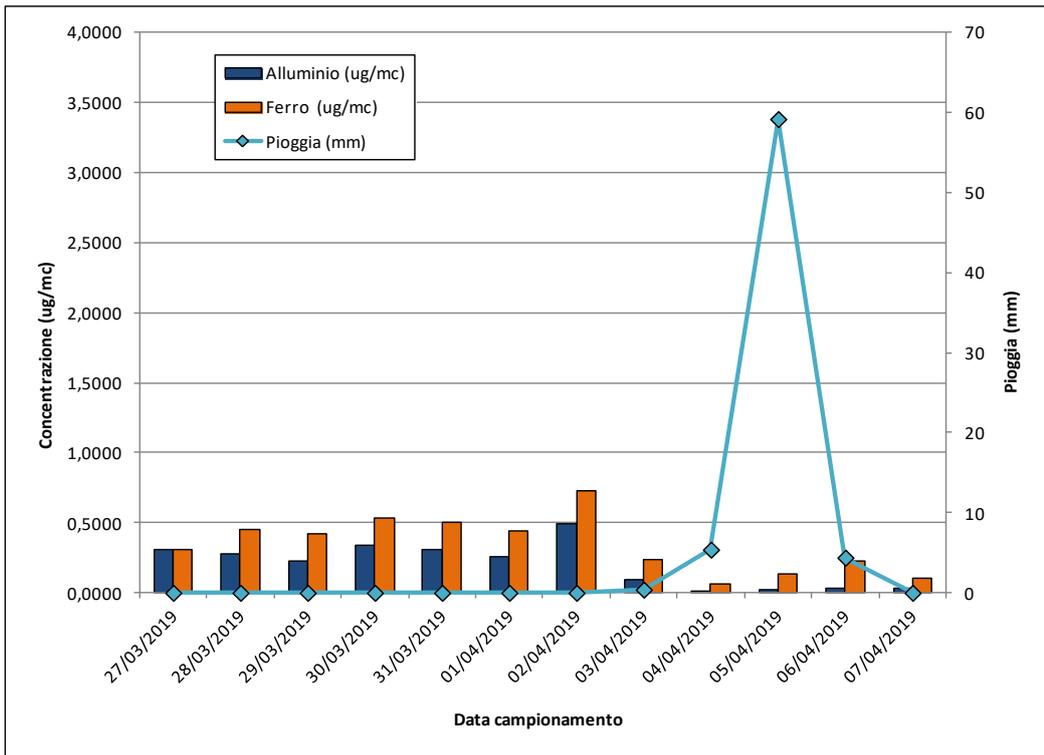


Fig. 10. Campo da calcio di Lizzana. Grafico delle concentrazioni giornaliere di Al e Fe espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm.

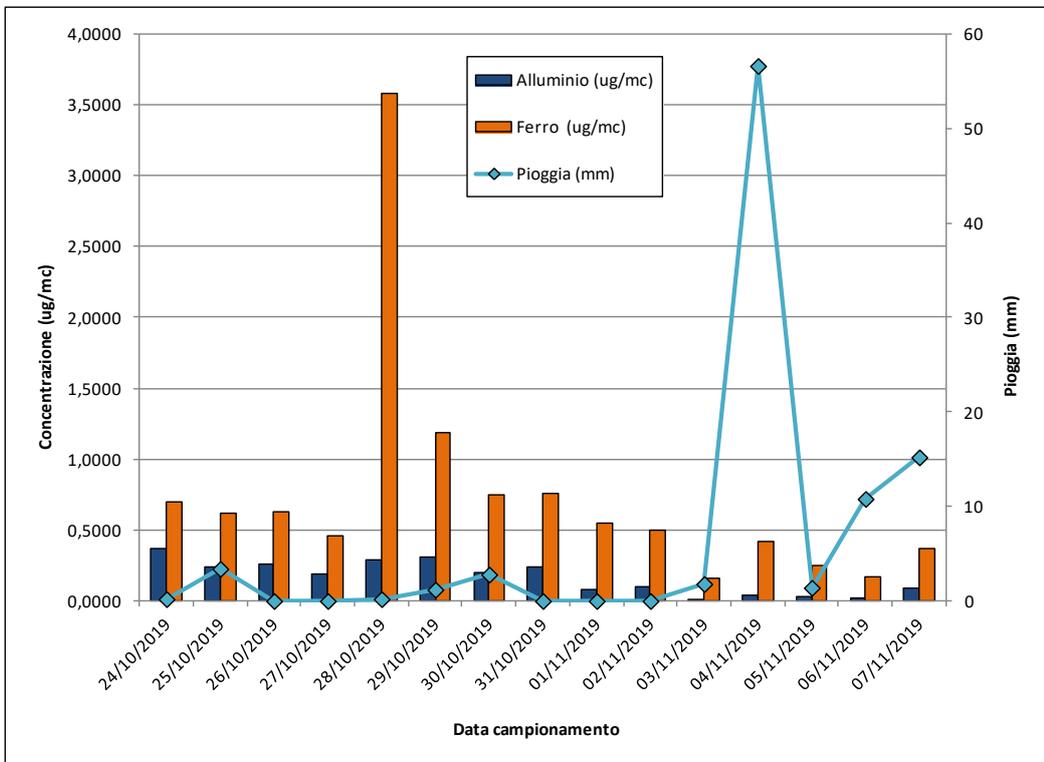


Fig. 11. Corso Bettini a Rovereto. Grafico delle concentrazioni giornaliere di Al e Fe espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm.

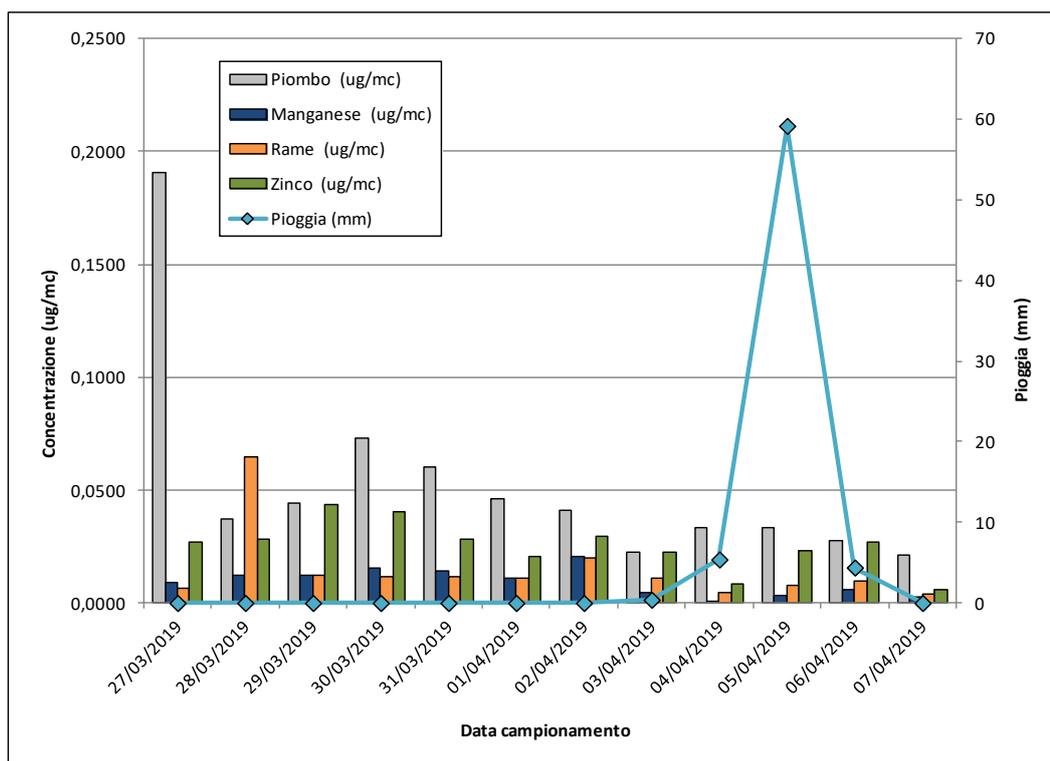


Fig. 12. Campo da calcio di Lizzana. Grafico delle concentrazioni giornaliere di Mn, Pb, Cu, Zn in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a confronto con l'andamento della pioviggia espressa in mm.

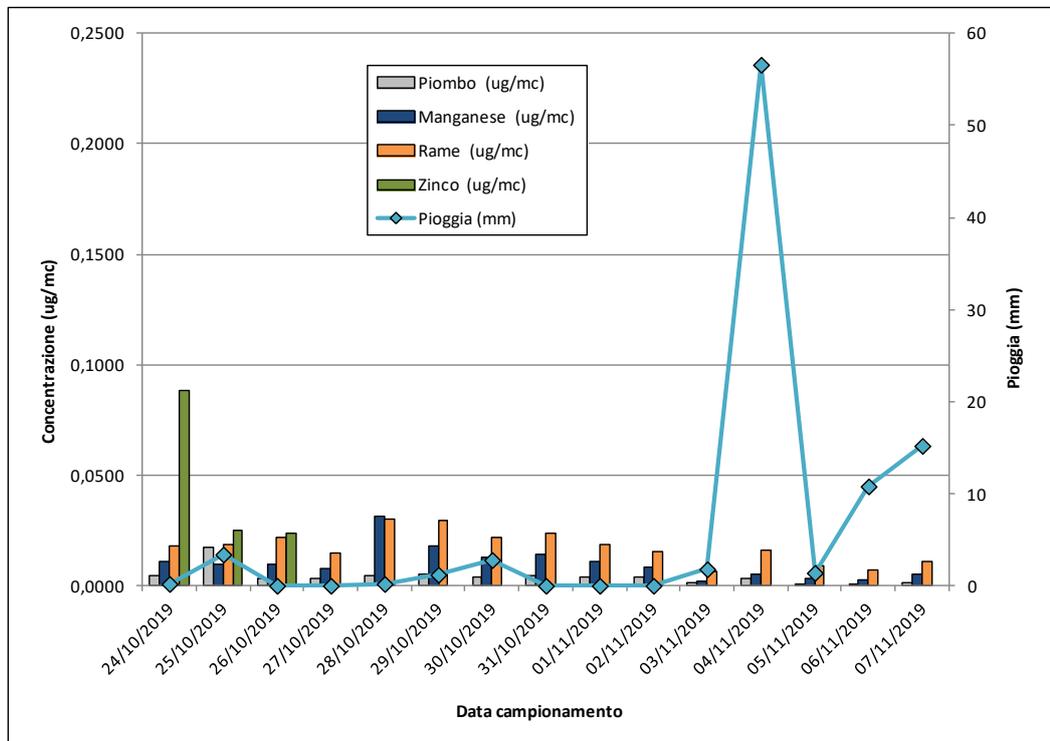


Fig. 13. Corso Bettini a Rovereto. Grafico delle concentrazioni giornaliere di Mn, Pb, Cu, Zn in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a confronto con l'andamento della pioviggia espressa in mm.

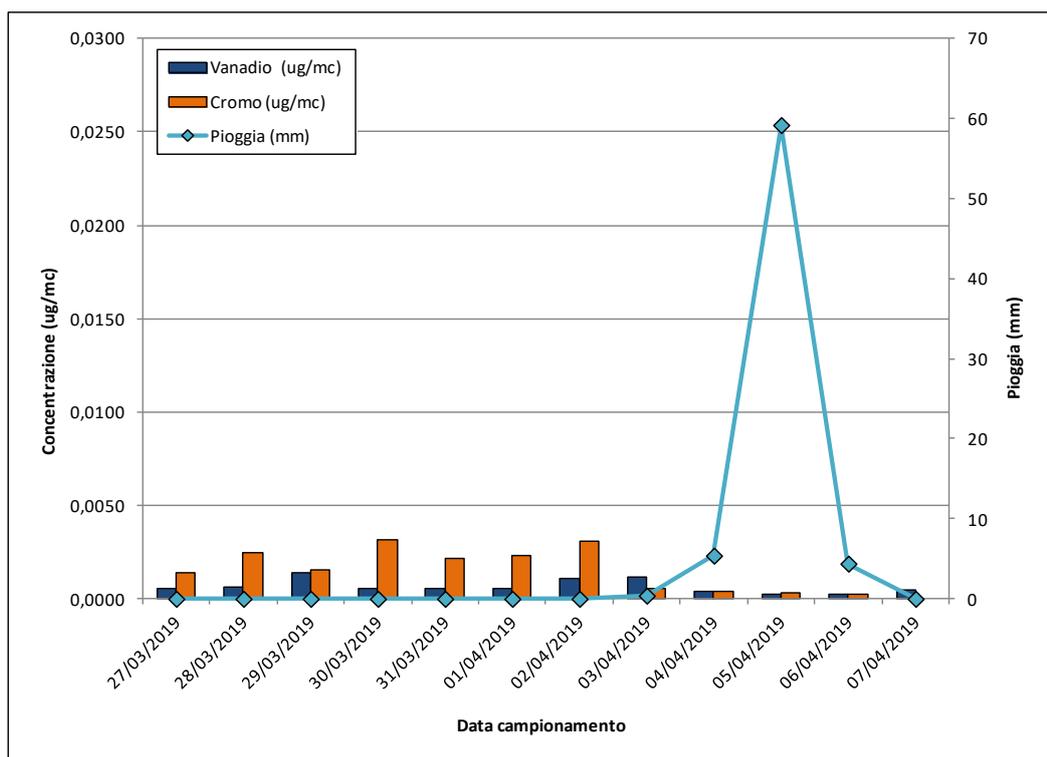


Fig.14. Campo da calcio di Lizzana. Grafico delle concentrazioni giornaliere di Cr e V esprese in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm.

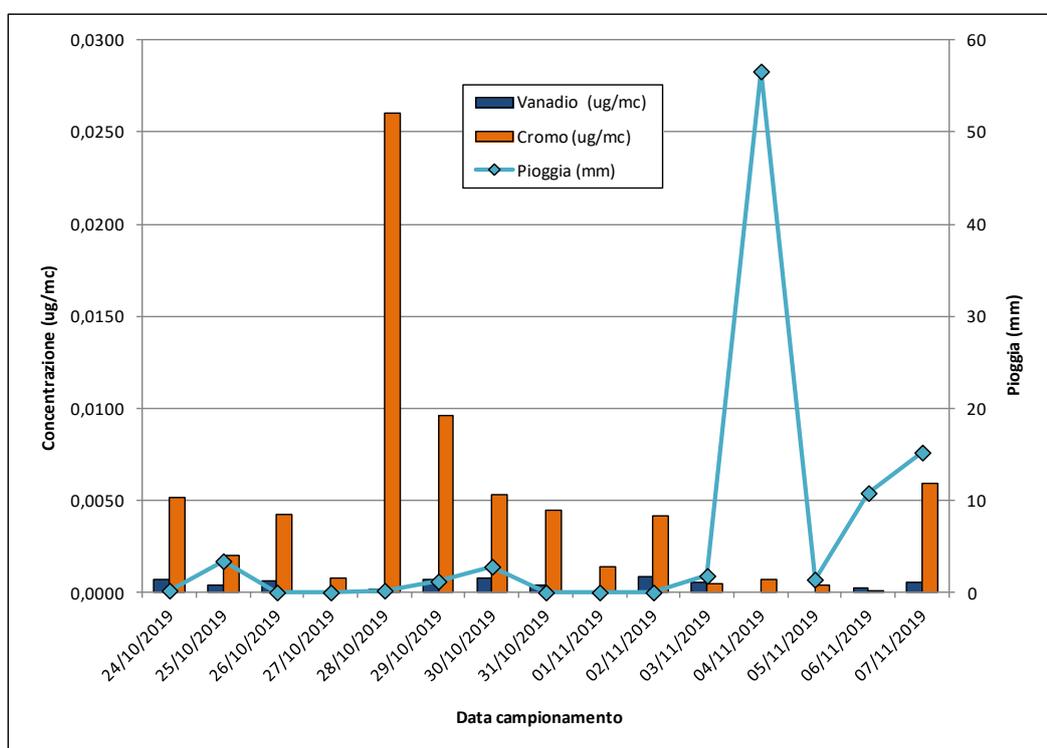


Fig. 15. Corso Bettini a Rovereto. Grafico delle concentrazioni giornaliere di Cr e V esprese in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm.

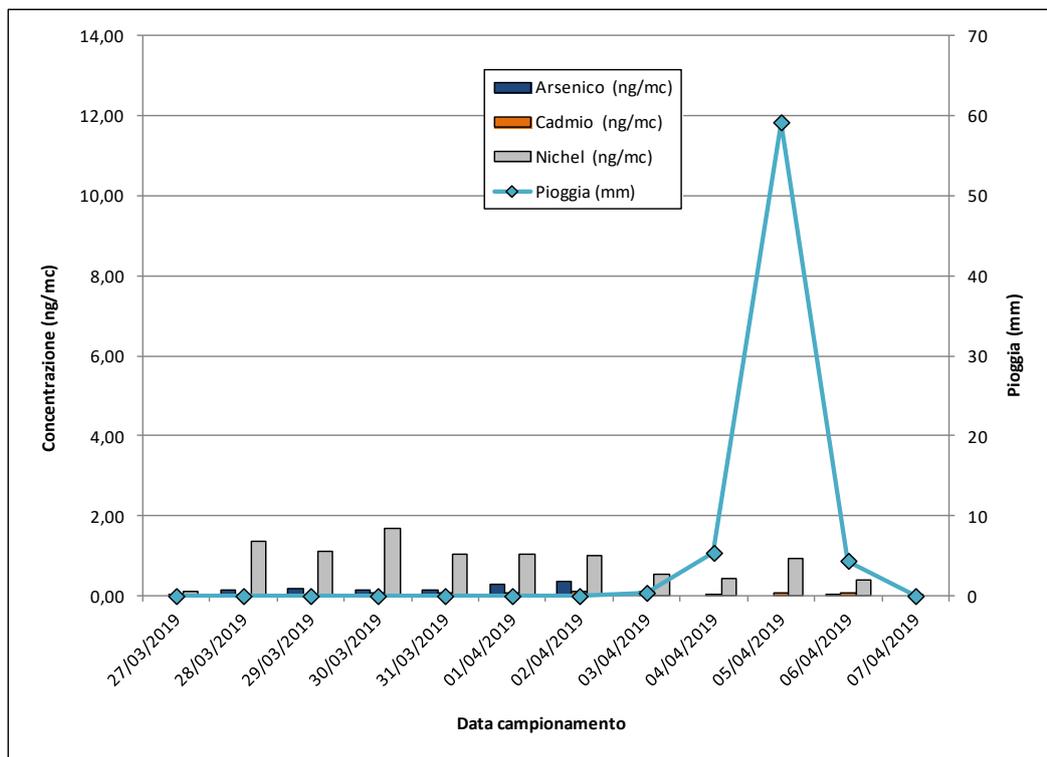


Fig. 16. Campo da calcio di Lizzana. Grafico delle concentrazioni giornaliere di As, Cd e Ni espresse in ng/m^3 a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm.

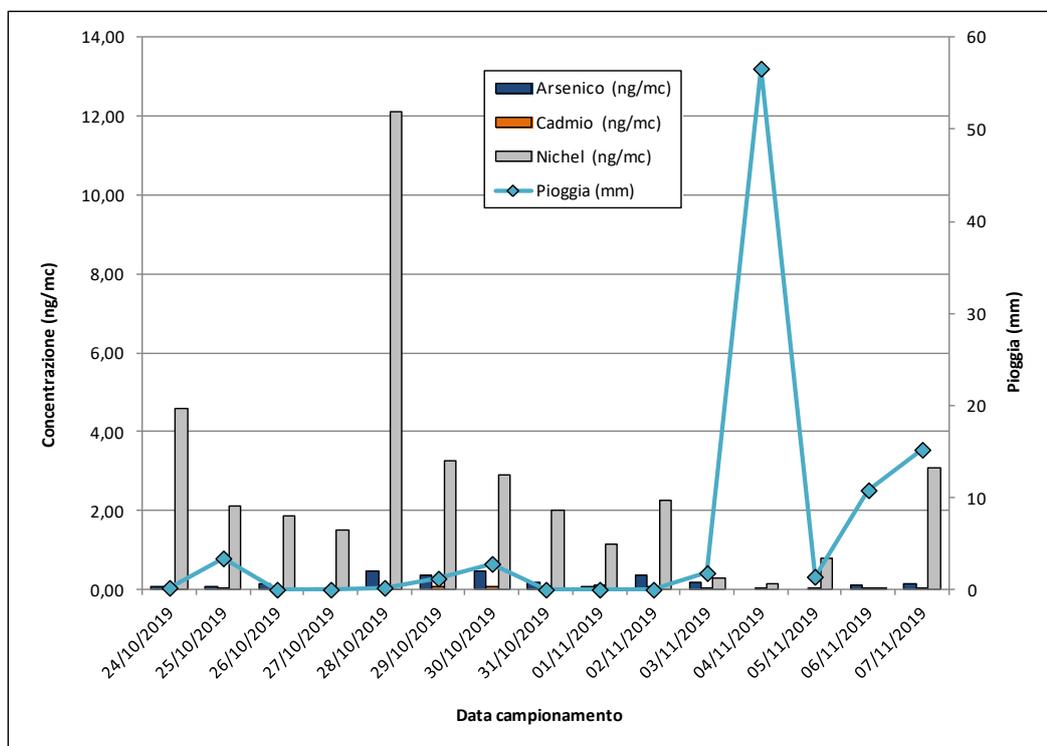


Fig. 17. Corso Bettini a Rovereto. Grafico delle concentrazioni giornaliere di As, Cd e Ni espresse in ng/m^3 a confronto con l'andamento della piovosità espressa in mm.

Biomonitoraggio lichenico

Per la valutazione della qualità dell'aria in termini di inquinanti e polveri sottili la Fondazione MCR, dopo alcune applicazioni sviluppate negli anni 2000 avvalendosi di deposimetri e bioaccumulo lichenico (si veda R. Zorer, 2002), nel 2013-2014, in collaborazione col Dottor Juri Nascimbene, ha ripreso l'attività di ricerca partendo dal censimento delle stazioni di presenza nel territorio comunale roveretano del lichene *Xanthoria parietina* (lichene resistente che colonizza l'ambito urbano e ben si presta a studi di bioaccumulo). Su una selezione rappresentativa di queste stazioni sono stati effettuati a febbraio 2014 campionamenti di talli lichenici che, opportunamente predisposti, sono stati analizzati presso un laboratorio accreditato per la ricerca di metalli pesanti. Tale attività di campionamento e analisi è stata ripetuta tra febbraio e marzo 2016, affiancando, per due mesi - nella stessa stazione - al lichene in posto, anche talli di licheni espuntati (*Pseudevernia furfuracea*) raccolti presso il Lago di Calaita. Queste due campagne hanno consentito di evidenziare alcune stazioni, tra Rovereto città e zona industriale, caratterizzate da un indice di alterazione maggiore rispetto alle altre; in particolare nel 2016 le stazioni potenzialmente più critiche sono risultate essere la 7, la 9, la 19 e la 20, per la relativa posizione si rimanda alla seguente Tab. 2.

Anche questa campagna di indagine sembra indicare un bioaccumulo più accentuato, seppur mediamente ricadente sempre nella classe di Basso bioaccumulo (L), per le stazioni n. 2 e n. 7 in area urbana e quelle n. 9, 18, 19 e 20 situate nella zona industriale, potenzialmente quindi tra le più critiche. A queste si aggiungono la st. 13 a Marco di Rovereto (che presenta un bioaccumulo medio per il Rame) e la st. 14 a Lizzana Alta che presenta un bioaccumulo, seppur basso, per vari metalli, risentendo probabilmente – a seguito della conformazione morfologica della zona e del regime dei venti – delle sottostanti zona industriale e statale del Brennero.

ID	QUOTA (s.l.m.)	NOTE
2	234 m	Rovereto, viale Trento (dal civico 6 al 10)
7	191 m	Rovereto, parco San Giorgio, via Europa
8	192 m	Rovereto, Borgo Sacco, parco di fronte al complesso ex Manifattura
9	184 m	Rovereto, Viale dell'Industria
11	402 m	Rovereto, Noriglio, davanti alla Chiesa
12	191 m.	Rovereto, Sant'Ilario, nel parcheggio ITIS
13	144 m	Rovereto, Marco, giardino esterno scuole elementari
14	236 m	Rovereto, Lizzana alta, giardini di Corna Calda
15	166 m	Rovereto, parcheggio della piscina
17	254 m	Rovereto, vicolo Tintori, civici 14-16
18	164 m	Rovereto, Parcheggio A22; attiva dal 2016
19	180 m	Rovereto, Viale del Lavoro; attiva dal 2016
20	187 m	Rovereto, Via alle Fornaci; attiva dal 2016

Tab. 2. Distribuzione e posizione delle tredici stazioni per il monitoraggio lichenico del Comune di Rovereto.

Dopo aver eseguito il 2 gennaio 2019 la raccolta dei talli lichenici di *Pseudevernia furfuracea* presso la località Lago di Calaita (difficoltosa per la poca abbondanza), il 21 gennaio 2019, si è proceduto alla loro esposizione nelle tredici stazioni roveretane usate nel 2016. Del materiale da Calaita una parte è stata conservata per usarla come bianco di riferimento. Il ritiro dei talli esposti nelle vie cittadine è avvenuto il 21 marzo; è seguita la predisposizione dei materiali per le analisi di laboratorio volte alla misura dei metalli pesanti di interesse e, su una selezione di stazioni (in base

alla disponibilità residua di materiale lichenico esposto), di alcuni composti idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Le stazioni di biomonitoraggio lichenico e i relativi dati, espressi tramite indici sintetici di naturalità, alterazione e tossicità, sono disponibili on line sul sito EMAS del Comune all'interno della piattaforma WebGis (Fig. 18) da cui si può passare, cliccando sulla singola stazione, anche al database dedicato della Fondazione MCR:

http://www.fondazionemcr.it/extendedsearch_banchedati.jsp?id_schema=239&ID_LINK=114099&area=153, in cui sono consultabili le schede complete di documentazione fotografica.



Fig. 18. Estratto dal WebGis collegato al sito EMAS del Comune di Rovereto; in evidenza il solo *layer* dedicato ai punti del tematismo “Biomonitoraggio licheni”.

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. 19) dove è anche indicato se il pozzo è attivo o meno.

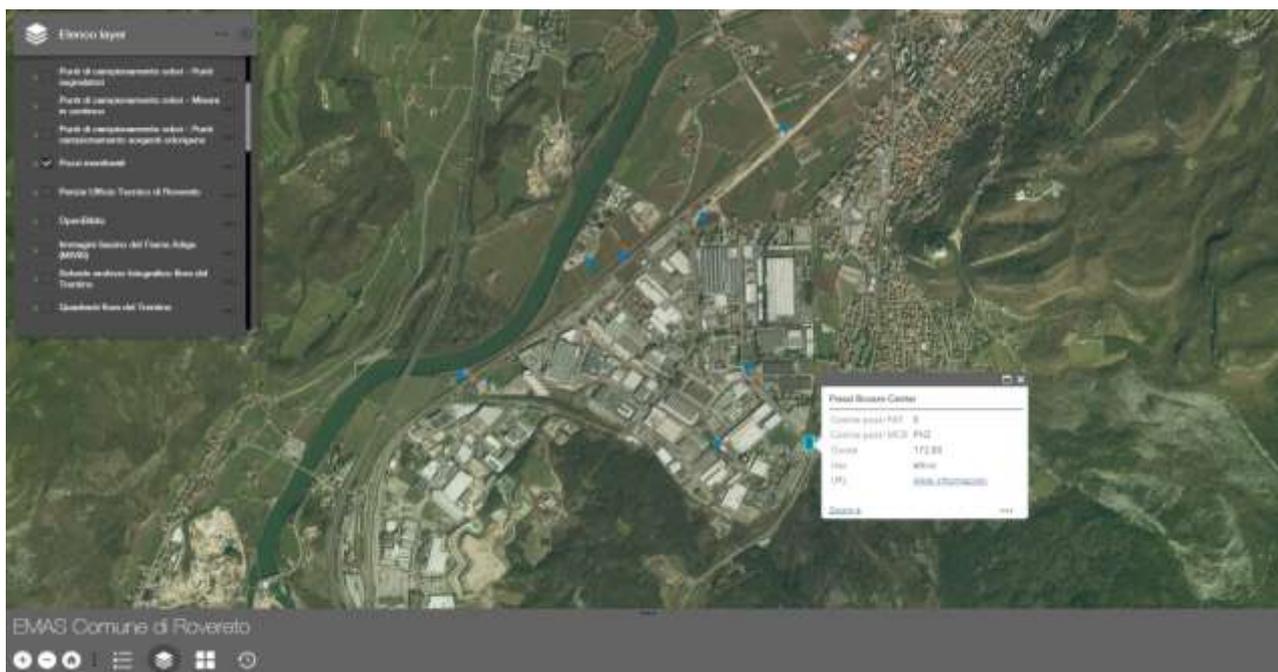


Fig. 19. Estratto dal WebGis collegato al sito EMAS del Comune di Rovereto; in evidenza il solo layer dedicato ai punti “Pozzi monitorati”.

Nel 2019 questo lavoro di rilevazione mensile (grossomodo condotto a metà mese, in un unico giorno) della profondità della prima falda è proseguito su sei pozzi, distribuiti tra la porzione di monte della zona industriale (lungo e attorno il Viale del Lavoro nei pressi dell’azienda Pama, del Rovercenter e piazzale Degasperi) e quella di valle (ex Rottamaro e due in Loc. Cires), spostandosi verso l’asta del F. Adige. Da dicembre il pozzo denominato “ex Rottamaro, a causa di lavori effettuati nell’area, è nuovamente inutilizzabile per la misurazioni, dopo che a novembre si era ricominciato ad usufruirne dopo una pausa che durava da luglio.

I dati di quota assoluta della prima falda nei vari punti di misura, mese per mese, sono riportati nel grafico di Fig. 20. La tavola d’acqua, tra dicembre 2018 e dicembre 2019, ha oscillato mediamente attorno alla quota di 166 m s.l.m. (per la precisione attorno a 165.9 m s.l.m.) con una forte omogeneità nella risposta mensile fra i diversi punti di controllo. L’andamento generale che si legge riflette la dinamica stagionale della falda superficiale, con falda ribassata in inverno (minimo a fine inverno, verso metà marzo) quando gli apporti sono bloccati in quota sotto forma di neve, massimo in primavera (scioglimento delle coltri nevose) e quindi di nuovo minimo in estate (periodo di apporti meteorici scarsi o nulli) e un massimo in autunno, a novembre (ripresa eventi meteorici).

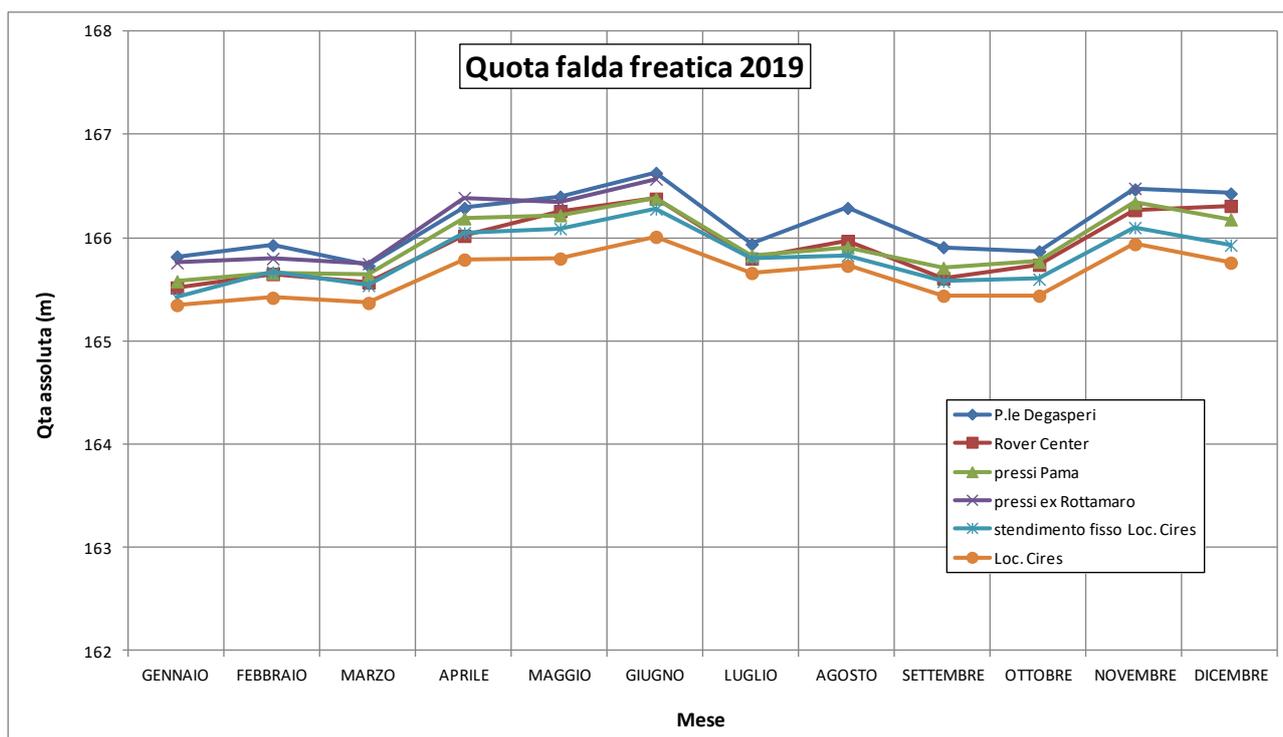


Fig. 20. Grafico dell'andamento della quota assoluta della falda freatica della piana alluvionale di Rovereto in pozzi di controllo distribuiti all'interno della zona industriale omonima.

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 2019 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 alle relazioni degli anni precedenti sono presenti e liberamente scaricabili dal sito curato dalla Fondazione MCR, www.zanzara.fondazionemcr.it, dedicato al progetto di monitoraggio della zanzara tigre, alla pagina dedicata:

http://www.zanzara.fondazionemcr.it/zanz_context.jsp?ID_LINK=113248&area=227).

Il grafico seguente (Fig. 21), frutto delle rilevazioni dell'intera stagione di controllo (dal 14 maggio al 29 ottobre 2019 per venticinque settimane di controllo), mostra un andamento dell'infestazione in termini di intensità (espressa come numero medio di uova per ovitrappola positiva) molto variabile da Comune a Comune. I dati raccolti dal 2011 a oggi 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 (<http://www.zanzara.fondazionemcr.it/>).

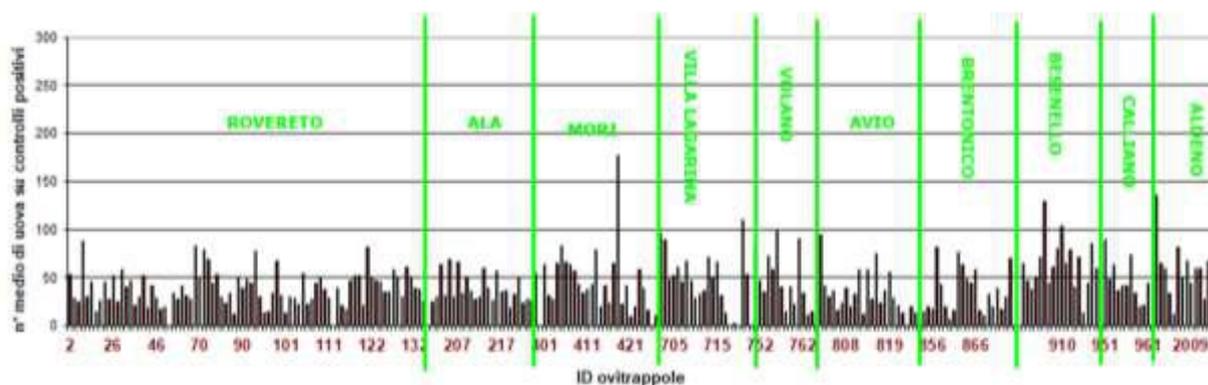


Fig. 21. Grafico del numero medio di uova su controlli positivi registrato per ciascun punto di controllo (ovitrappola) presente nei dieci Comuni indagati nel 2019. Complessivamente, da inizio maggio a fine ottobre 2019, si sono monitorate per 25 settimane più di 250 ovitrappole, di cui oltre settanta nel comune di Rovereto, distribuite dal fondovalle fin sui versanti a costituire una rete a maglie fitte.

Dal 2019 i dati raccolti sono anche disponibili al link <https://vettoritrentino.it/> del tavolo di lavoro provinciale.

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 considerato e coinvolto il territorio del Comune di Rovereto anche nel 2019, con più uscite per un totale di 895 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 invece sperimentando la possibilità di sfruttare la tecnologia iperspettrale raccogliendo da alcune postazioni (veri e propri affacci sulla valle) già individuate (Sacratio di Castel Dante; strada per lo Zugna all'altezza di Malga Tof) delle immagini rappresentative della zona di interesse. 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).

Nel 2019 si sono effettuate due campagne di rilevazione, una il 24 luglio sul Monte Zugna e una il 17 settembre, sia presso la postazione dell'area verde all'esterno del Sacratio militare di Castel

Dante⁴ sia sullo stesso Monte Zugna. Le giornate di rilevazione, un paio all'anno, vengono fissate in modo da essere effettuate in un periodo il più possibile analogo ai precedenti, così da essere in condizioni climatiche sperabilmente simili a quelle delle campagne passate. A luglio però le condizioni meteo-climatiche sono risultate purtroppo poco favorevoli, nonostante la giornata fosse stata individuata secondo i criteri sopra detti, in periodi simili a quelli delle campagne 2017 e 2018 (e perciò fissata con il Direttore del Sacrario, Ten. Col. Giuseppe Margon). Il 24 luglio, inoltre, sfortunatamente, non è stato possibile accedere alla piazzola del Sacrario militare e quindi i rilievi iperspettrali si sono potuti effettuare unicamente dalla postazione sul Monte Zugna, con risultati peraltro non ottimali, a causa delle già evidenziate pessime condizioni atmosferiche caratterizzate da caldo e afa e, soprattutto, intensa foschia.

A settembre la giornata fissata era invece con condizioni atmosferiche un po' migliori, nonostante una certa foschia, e si sono potuti effettuare i rilievi da tutte e due le postazioni preventivate. (Fig. 22)



Fig. 22. La strumentazione iperspettrale il 17 settembre 2019 in fase di rilevazione immagini della zona industriale roveretana dalla postazione del Sacrario Militare di Rovereto (a sinistra) e dalla postazione lungo la strada che sale sullo Zugna (a destra).

Si propongono di seguito (Figg. 23-31) alcuni esempi di elaborazione usando i dati raccolti con tecnica iperspettrale. 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 tempo⁵.

⁴ Accessibile solo previa autorizzazione e in giorno concordato.

⁵ Le misure sono state acquisite ed elaborate da Arnaldo Tonelli attraverso l'utilizzo di apparecchi fotografici: LUMIX per il colore, CANON modificata per il falso colore, A65 per il termico (termografo bolometrico 8-12 um)

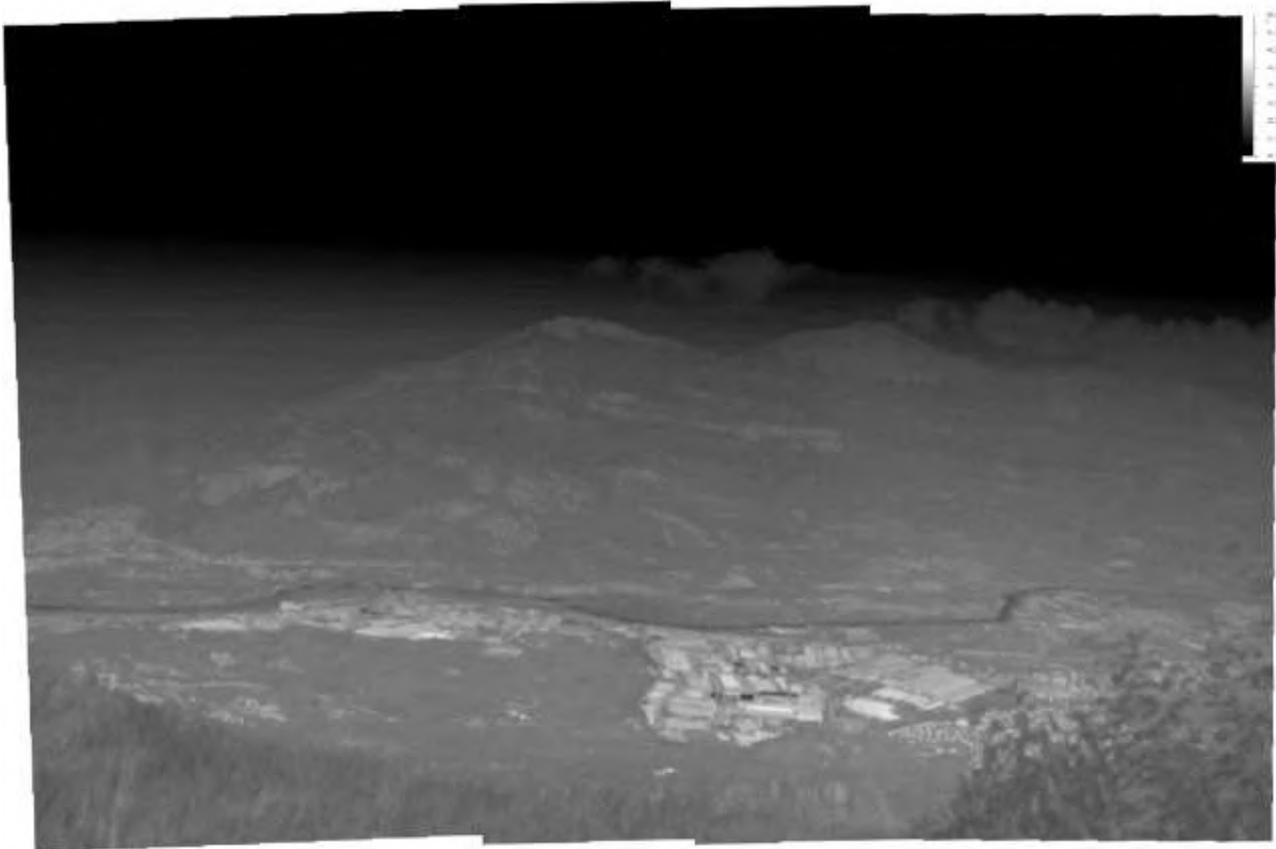


Fig. 23. Luglio 2019, postazione Monte Zugna: mosaico di immagini nel termico. Presenza di intensa foschia nel fondovalle, si può notare la temperatura più bassa del fiume Adige rispetto all'ambiente circostante. Non è possibile ricavare ulteriori informazioni sulla zona industriale a causa delle condizioni meteoclimatiche.



Fig. 24. Luglio 2019, postazione Monte Zugna: rappresentazione in falso colore come mosaico di immagini (ogni immagine è frutto della combinazione in sintesi additiva di tre bande: blu, verde, e primo infrarosso). Si possono ricavare poche informazioni a causa dell'intensa foschia.



Fig. 25. Settembre 2019, postazione Sacratio Castel Dante: mosaico di immagini. Permangono problemi di risoluzione a causa del vapore acqueo in atmosfera. Le immagini sono state fortemente contrastate. Questo mosaico è di riferimento per misure in falso colore e nel termico.



Fig. 26. Settembre 2019, postazione Sacrario Castel Dante: elaborazione del centro di radianza (baricentro spettrale) dell'immagine di figura 13. L'immagine ottenuta su tre bande offre un esempio delle potenzialità del metodo del baricentro (che consente di mettere in evidenza superfici a diversa risposta tramite la lunghezza d'onda prevalente descritta in scala di grigi e poi disporre di una classificazione) da cui ci si aspettano indicazioni ancora più mirate applicandolo alle altre 100 bande dell'iperspettrale.



Fig. 27. Settembre 2019, postazione Sacrario Castel Dante: mosaico di immagini in falso colore (blu/verde/primo infrarosso), evidenzia lo stato vegetazionale (in variazioni del tono magenta) ma si colgono anche potenzialità nella risposta delle coperture e in generale delle costruzioni (manufatti).



Fig. 28. Settembre 2019, postazione Sacratio Castel Dante: baricentro del falso colore (suo centro di radianza). In tal caso, rispetto al centro di radianza a colori di figura 14, è meno evidente la variabilità nell’ambito del vegetato mentre è accentuata quella nell’ambito del costruito. L’immagine in falsi colori risente meno di quella a colori dell’alto tasso di vapor acqueo nell’atmosfera.



Fig. 29. Settembre 2019, postazione Sacratio Castel Dante: l’immagine esaspera, in toni chiari, la fotosintesi in atto, quindi la vegetazione vivente, da tutto il resto (in nero). Fanno eccezione alcuni edifici finiti in materiali che hanno una risposta non nulla pur non essendo “viventi”. Un’osservazione tra quelle possibili è, ad esempio, che il campo da calcio di Lizzana, a parte un settore più usurato verso nord-est e davanti alle porte, presenta una copertura vegetale che sta bene. Il campo piccolo invece si presenta nero perché con copertura in materiale sintetico.



Fig. 30. Settembre 2019, postazione Sacrario Castel Dante: mosaico di immagini nel termico raccolte però in orario e condizioni meteorologiche inadeguati. Nonostante questo si può vedere come la risposta fra il campo da calcio con copertura in erba (“vivente” quindi) e il campo in materiale sintetico (inerte) sia opposta. Il campo “vivo” è a temperatura minore e testimonia lo svolgersi dell’evapotraspirazione della copertura vegetale legata alla maggiore densità della cotica erbosa. Nel campo sintetico si evidenzia però un’anomalia termica (più fredda dell’intorno) determinata o da un ristagno di umidità o da una situazione particolare sottostante al manto.

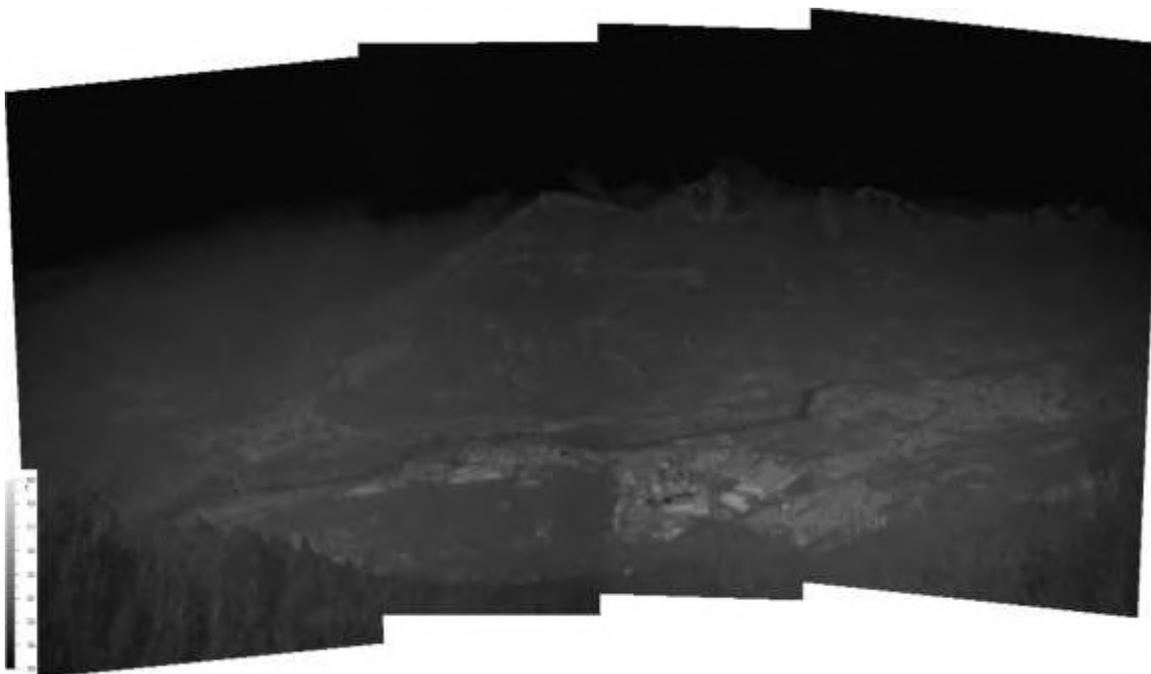


Fig. 31. Settembre 2019, postazione Monte Zugna: mosaico di immagini nel termico. Le condizioni atmosferiche poco adatte non permettono di ricavare molte informazioni dall’immagine, se non che, tutta la zona industriale risulta essere più calda della zona residenziale perché costruita precedentemente con materiali meno densi.

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.

4. 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, potenziando ulteriormente 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 Sacrario Militare di Asiago, Tenente Colonnello Giuseppe Margoni, Ministero della Difesa, Commissariato Generale per le Onoranze ai Caduti, per aver autorizzato l'accesso, in due distinte occasioni, allo spazio esterno del Sacrario 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 Elisa Mallocci, 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 di luglio 2019 e di settembre 2019, e per le fasi di analisi dei dati (A. Tonelli).

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