

# Monitoraggio per il controllo dell'impatto ambientale del comparto di trattamento rifiuti Hera km 2,6 - Via Romea Nord Ravenna

## Dati 2018 - 2020

**Relazione finale**

Relazione redatta da:

**Patrizia Luciali  
Elisa Pollini**

Hanno collaborato alla realizzazione dell'attività di campionamento e analisi:

operatori di Arpa del **Servizio Sistemi Ambientali**

**Elisa Pollini, Emilio Rambelli, Walter Gnani,  
Lorenzo Bettini, Danila Bevilacqua, Mirko Pantera  
Andrea Caccoli, Roberto Tinarelli**

operatori del **Laboratorio Integrato Ravenna - Ferrara:**

- o **Area analitica ambientale**
- o **Area microinquinanti organici**

**Contatti ed informazioni:** [pluciali@arpa.emr.it](mailto:pluciali@arpa.emr.it)

*Elaborazione di aprile 2021*

# Indice

	<b>Pag</b>
<b>Premessa</b>	<b>1</b>
<b>1. Contesto territoriale</b>	<b>1</b>
<b>2. Descrizione del sito impiantistico e dei processi produttivi</b>	<b>2</b>
Impianto di produzione CSS	
Termovalorizzatore	
Discariche per rifiuti non pericolosi e pericolosi	
Trattamento Chimico-Fisico	
Impianto DISIDRAT	
HASI SRL	
<b>3. Protocollo 2018 – 2020: monitoraggio delle diverse matrici</b>	<b>7</b>
<b>3.1 - Acqua</b>	<b>7</b>
<b>3.2 - Aria</b>	<b>7</b>
Particolato atmosferico PM10	
Deposizioni atmosferiche totali	
Amianto	
Sostanze odorigene	
<b>3.3 - Indicatori di bioaccumulo</b>	<b>8</b>
<b>4. Risultati del triennio di monitoraggio (2018 - 2020)</b>	<b>9</b>
<b>4.1 Acqua di falda profonda</b>	<b>9</b>
<b>4.2 Aria</b>	<b>10</b>
<b>4.2.1 Particolato PM10</b>	<b>11</b>
<b>4.2.2 Metalli e microinquinanti nel particolato PM10</b>	<b>17</b>
Metalli	
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	
Policlorobifenili (PCB), Diossine (PCDD) e	
Furani (PCDF)	
<b>4.2.3 Deposizioni totali (bulk)</b>	<b>25</b>
Metalli	
IPA, Policlorobifenili (PCB), Diossine (PCDD) e	
Furani (PCDF)	
<b>4.3 Fibre di amianto</b>	<b>31</b>
<b>5. Indicatori di bio-accumulo</b>	<b>32</b>
<b>6. Emissioni odorigene</b>	<b>36</b>
<b>6.1 Caratterizzazione delle sorgenti</b>	<b>36</b>
<b>6.2 Risultati analisi olfattometriche e stima delle emissioni</b>	<b>38</b>
<b>6.3 Dominio di simulazione e recettori sensibili</b>	<b>40</b>
<b>6.4 Modello di diffusione</b>	<b>41</b>
<b>6.5 Risultati della simulazione modellistica</b>	<b>43</b>
<b>6.6 Tecnica di misura degli odori con sistema olfattometrico artificiale ("Naso Elettronico - NE")</b>	<b>45</b>

## Premessa

Il sito del comparto di trattamento rifiuti Hera al km 2,6 - Via Romea Nord – Ravenna ha subito, negli anni, evoluzioni in termini societari, di estensione, di attività svolte e – pertanto – di autorizzazioni e di piani di monitoraggio.

A partire dal 2015 i protocolli sottoscritti da Herambiente e Arpae hanno avuto l'obiettivo di integrare, quantitativamente e qualitativamente, i monitoraggi ambientali già attuati dall'azienda in ottemperanza alle prescrizioni AIA degli impianti coinsediati.

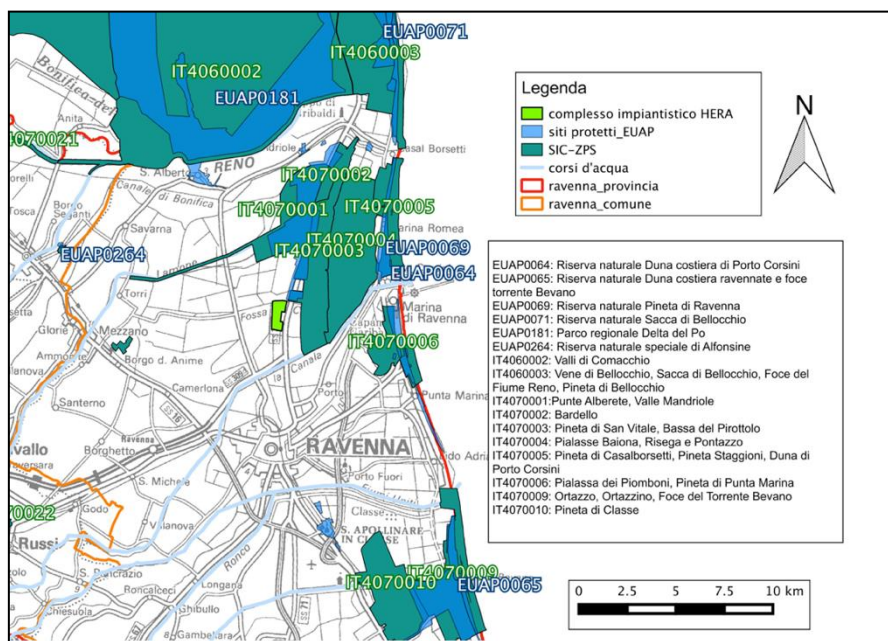
I campionamenti e le analisi di alcune matrici ambientali effettuate da Arpae consentono di ampliare il set di informazioni sull'impatto esercitato dal sito sul territorio circostante.

Le matrici oggetto di indagine sono:

- **Acqua:**      • Acqua di falda (profonda)
- **Aria:**        • Particolato atmosferico
- Deposizione atmosferica
- Fibre di amianto
- Sostanze odorigene
- **Alimenti**    (come indicatori di bioaccumulo)

Il presente documento, a conclusione del protocollo triennale 2018-2020, integra quanto già relazionato con cadenza annuale: oltre ad una descrizione dell'intero sito impiantistico e dei processi produttivi svolti, riporta i risultati dei monitoraggi effettuati nel triennio.

## 1 - Contesto territoriale



Il polo integrato di trattamento rifiuti è collocato a Ravenna, al km 2,6 n.272 della Strada Statale Romea. Tale sito, che occupa un'area pressoché rettangolare con un'estensione di circa 110 ettari, confina a Est con la S.S. 309 Romea, a Sud con la strada comunale via Guiccioli, a Nord con lo scolo Cerba e ad Ovest con lo Scolo Tomba.

Il comparto, localizzato in zona di recente bonifica, si colloca al margine fra una matrice agricola ed una naturale, in prossimità di aree

protette e di aree di particolare pregio ambientale, denominate Siti di importanza comunitaria (SIC, designate ai sensi della "Direttiva habitat" n. 92/43/CEE), a cui si aggiungono le Zone di Protezione Speciale (ZPS, previste dalla "Direttiva Uccelli" n. 79/409/CEE). Inoltre, sul lato nord dello scolo Cerba, confina con il limite del Parco Regionale del Delta del Po, mentre a Nord e ad Est, ad una distanza di circa 30 metri dalla S.S Romea e dallo scolo Cerba, confina con il limite di piano territoriale di stazione (Parco del Delta).

## **2 - Descrizione del sito impiantistico e dei processi produttivi**

Il sito impiantistico si compone di diverse unità impiantistiche:

- ❖ discarica per rifiuti non pericolosi;
- ❖ discarica per rifiuti pericolosi, in fase di gestione post-operativa;
- ❖ impianto di produzione di Combustibile Solido Secondario (CSS), precedentemente denominato come impianto di produzione di Combustibile da Rifiuto (CDR);
- ❖ impianto di termovalorizzazione di CSS (IRE);
- ❖ impianto di trattamento chimico-fisico (TCF);
- ❖ impianto di disidratazione fanghi (DISIDRAT);
- ❖ discariche per rifiuti pericolosi e non pericolosi 1°/2°, 3°, 4° stralcio, le quali a seguito della fusione per incorporazione di Sotris S.p.A. in Herambiente S.p.A, con efficacia dal 1° gennaio 2015, sono state acquisite da Herambiente entrando, pertanto, a far parte del parco impiantistico di quest'ultima.

Presso il sito sono inoltre presenti altri impianti caratterizzati da scenari gestionali diversificati:

- impianti di produzione di energia elettrica da biogas prodotto dalla discarica per rifiuti non pericolosi, di proprietà della società Biogas 2015 S.r.l subentrata da aprile 2015 a ICQ Holding Spa;
- Centro di stoccaggio e pretrattamento rifiuti urbani e speciali anche pericolosi gestito, a partire dal 01/04/2015, da Herambiente Servizi Industriali S.r.l. (HASI Srl), a seguito dell'operazione di affitto da parte del socio unico Herambiente S.p.A del ramo d'azienda relativo alla gestione di tale impianto, mentre fino al 31/12/2014, la gestione è stata in capo a Sotris S.p.A.

### **Impianto di produzione CSS**



**Figura 1: Impianto di produzione CSS**

produzione di CSS, destinato a recupero energetico.

Nel piazzale attiguo è svolta l'attività di trattamento biologico, tramite biostabilizzazione accelerata del primo sovralluvio umido proveniente dall'impianto di produzione CSS, per un quantitativo massimo autorizzato di 26.000 ton/anno. L'attività consiste nella biossidazione accelerata, realizzata all'interno di n. 7 biotunnel in parallelo, per la produzione di materiale da utilizzare come copertura giornaliera dei rifiuti in discarica (conformemente alla DGR n. 1996/06). Il processo di trasformazione della frazione umida in una componente solida recuperabile permette di raggiungere importanti obiettivi ambientali come il recupero dei rifiuti e il risparmio di materiali vergini, oltre alla riduzione dei volumi conferiti in discarica.

E' un impianto di trattamento di rifiuti indifferenziati finalizzato alla successiva fase di termovalorizzazione.

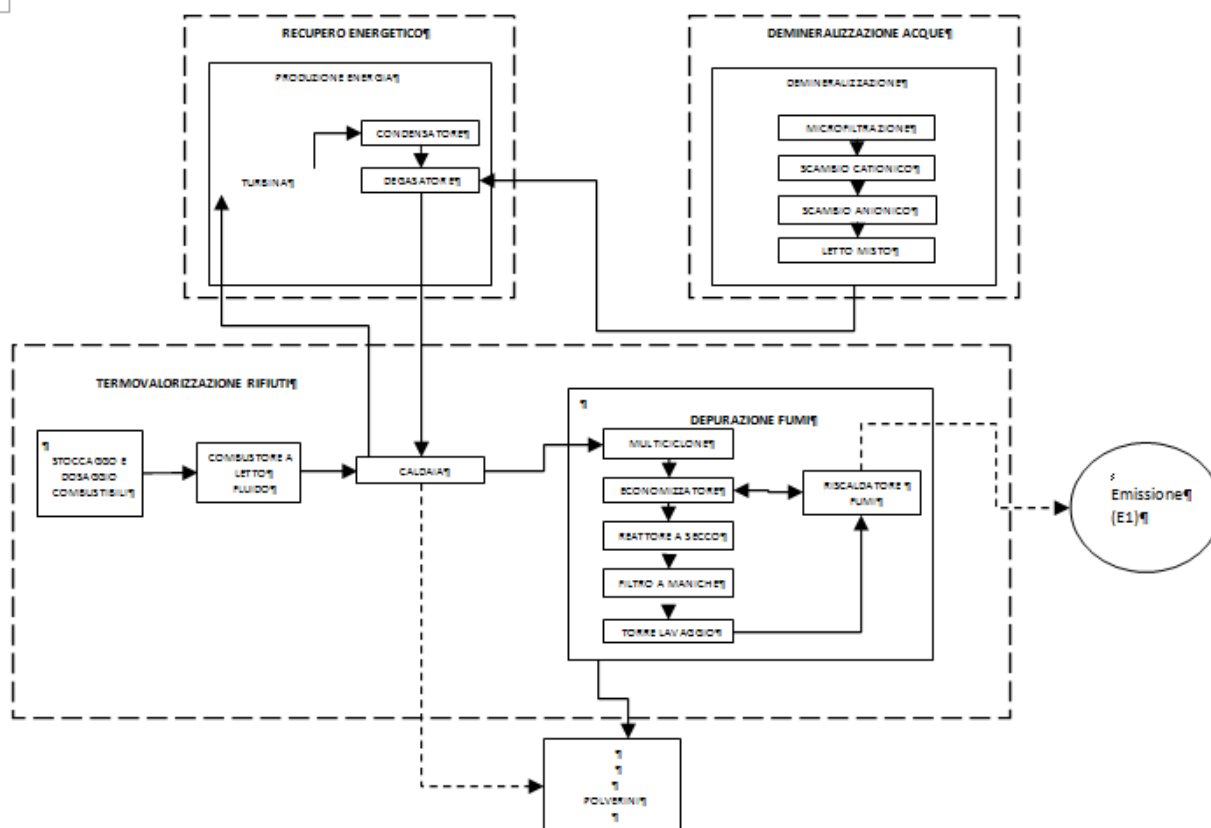
Il processo si realizza attraverso trattamenti diversi: triturazione, separazione della frazione fine, separazione dell'umido, separazione della frazione ferrosa. Il risultato è un rifiuto speciale che concentra le frazioni ad alto potere calorifico.

L'impianto è costituito da due linee parallele per la separazione della frazione secca combustibile e da una terza linea di triturazione e vagliatura primaria dei rifiuti indifferenziati che può eventualmente essere utilizzata in alternativa/integrazione alle due linee solo in caso di fermata programmata di una di queste, per garantire continuità alla

## **Termovalorizzatore**

L'impianto di termovalorizzazione effettua l'incenerimento di CSS con contestuale recupero energetico del calore dei fumi.

Si riporta di seguito lo schema delle fasi produttive rimandando al successivo paragrafo per il dettaglio sui rifiuti in ingresso.



**Figura 2: Termovalorizzatore – schema delle fasi produttive**

## **Discariche per rifiuti non pericolosi e pericolosi**

Dal primo gennaio 2015 il parco impiantistico di Herambiente si è ampliato con l'acquisizione delle discariche per rifiuti pericolosi e non denominate 1°/2°, 3° e 4° stralcio, gestite fino al 31/12/2014 da Sotris S.p.A.



**Figura 3: Vista discariche comparto da Est**



Attualmente, pertanto, all'interno del comparto sono presenti i seguenti impianti di discarica:

- **Discarica per rifiuti non pericolosi** costituita dai seguenti settori:
  - 1°, 2°, 3° settore in gestione post-operativa con copertura definitiva sulle scarpate laterali e 4° settore in gestione post-operativa con copertura definitiva anche sulla parte sommitale;
  - 5° e 6° settore in gestione post-operativa e 7° settore per il quale la coltivazione risulta ultimata per esaurimento delle volumetrie disponibili, attualmente i settori sono in attesa della copertura definitiva;
  - 8° settore in coltivazione da novembre 2014. Tale settore è articolato in due sottosettori per un volume complessivo utile di abbancamento pari a 304.262 m<sup>3</sup>, corrispondente ad una capacità di smaltimento pari a circa 342.837 tonnellate mentre i precedenti sette settori, ad oggi esauriti, hanno complessivamente una capacità, a volume assestato, di oltre 3.400.000 m<sup>3</sup>.

A questi si aggiunge un 9° settore in progetto per il quale si è conclusa la procedura di VIA con parere positivo ed è stata rilasciata l'Autorizzazione Integrata Ambientale in data 31/12/2015. Attualmente il settore, che sarà articolato in due sottosettori per un volume utile di abbancamento pari a circa 691.000 m<sup>3</sup> ad assestamenti e cedimenti avvenuti, è in fase di approntamento.

- **Discarica per rifiuti pericolosi**, entrata in esercizio nel 1994, con una volumetria utile disponibile autorizzata pari a 50.000 m<sup>3</sup>, esaurita nel 2008. L'impianto è stato ufficialmente chiuso il 17/11/2008, data in cui si è dato formalmente avvio alla fase di gestione post-operativa<sup>1</sup>.
- **Discarica 1°/2° stralcio per rifiuti pericolosi e non**, costituita da cinque lotti con capacità complessiva di circa 530.000 m<sup>3</sup> e che ha esaurito la propria volumetria disponibile nel corso del 2010 a meno dei primi cedimenti legati all'assestamento rifiuti. A seguito della fine del periodo di sperimentazione dell'impianto di trattamento fanghi da depuratori civili posto sulla sommità della discarica, a cui è seguito lo smantellamento nel 2013, si è resa disponibile una volumetria residua in virtù degli assestamenti avvenuti. Nel mese di novembre 2014 sono pertanto ripresi i conferimenti previo nulla osta della Provincia di Ravenna terminati nel mese di febbraio 2016<sup>2</sup>.
- **Discarica 3° stralcio per rifiuti pericolosi e non**, entrata in esercizio nel 2000 e costituita da quattro lotti con capacità complessiva di circa 160.000 m<sup>3</sup>, esaurita da gennaio 2008. Con Provvedimento n.361 del 24/08/09 la Provincia di Ravenna ha autorizzato la chiusura definitiva e l'attività di gestione post-operativa.
- **Discarica 4° stralcio per rifiuti pericolosi**, operativa dal 2008, è costituita da due distinti settori confinati, comprendenti ognuno 3 vasche, per una capacità complessiva di circa 420.000 m<sup>3</sup>, gestiti in modo specifico e di fatto come due discariche separate. I due settori dedicati rispettivamente ai rifiuti pericolosi e non sono separati mediante una adeguata barriera di confinamento artificiale e/o naturale progettata in modo tale da separare i percolati prodotti.

### **Trattamento Chimico-Fisico**

L'impianto di trattamento chimico-fisico, a partire da ottobre 2011, è stato interessato da interventi di ottimizzazione che hanno previsto oltre a significative modifiche della dotazione impiantistica presente, la realizzazione di una nuova linea di pretrattamento chimico fisico con adsorbimento (TCFA). L'impianto nel nuovo assetto impiantistico è entrato in esercizio l'11/12/2012. L'impianto tratta rifiuti speciali liquidi anche pericolosi di origine prevalentemente produttiva per convertirli in reflui depurati. Il trattamento si realizza mediante processi chimici (uso di reagenti) e fisici (uso di ausili meccanici).

<sup>1</sup> Atto di approvazione del Piano di Chiusura: Provincia di Ravenna PG 651 del 17/11/2008.

<sup>2</sup> Comunicazione Herambiente PG 7175 del 13/04/2016.



**Figura 4: Impianto trattamento chimico-fisico**

Nella nuova configurazione impiantistica conseguente gli interventi di ottimizzazione/integrazione, l'impianto TCF risulta suddiviso nelle seguenti sezioni:

- Sezione di ricevimento e stoccaggio dei rifiuti liquidi in ingresso;
- Sezione di trattamento emulsioni oleose;
- Sezione di omogeneizzazione;
- Sezione di pretrattamento chimico-fisico con adsorbimento;
- Sezione di trattamento chimico-fisico di primo stadio e di secondo stadio;
- Sezione di trattamento fanghi.

I reflui in uscita dalle varie sezioni di trattamento dell'impianto TCF, accumulati nella vasca finale VF vengono rilanciati, previa verifica analitica, tramite condotta all'impianto TAS del Centro Ecologico Baiona.

### **Impianto DISIDRAT**

Il nuovo impianto DISIDRAT è entrato in esercizio il 04/06/2012 mentre la messa a regime è avvenuta il 30/08/2012. L'impianto è stato realizzato per trattare diverse tipologie di rifiuti pompabili, palabili e polverulenti, con il principale obiettivo di ottenere in uscita delle matrici da destinare, in parte, al recupero. Il materiale recuperato viene riutilizzato per la copertura delle discariche, in sostituzione di terreno vegetale vergine, o in miniere estere come materiale di riempimento.

L'impianto è costituito da tre linee distinte di lavorazione e trattamento:

- Linea fanghi pompabili non pericolosi (linea 1)
- Linea fanghi pompabili pericolosi (linea 2)
- Linea fanghi palabili e rifiuti polverulenti (linea 3)

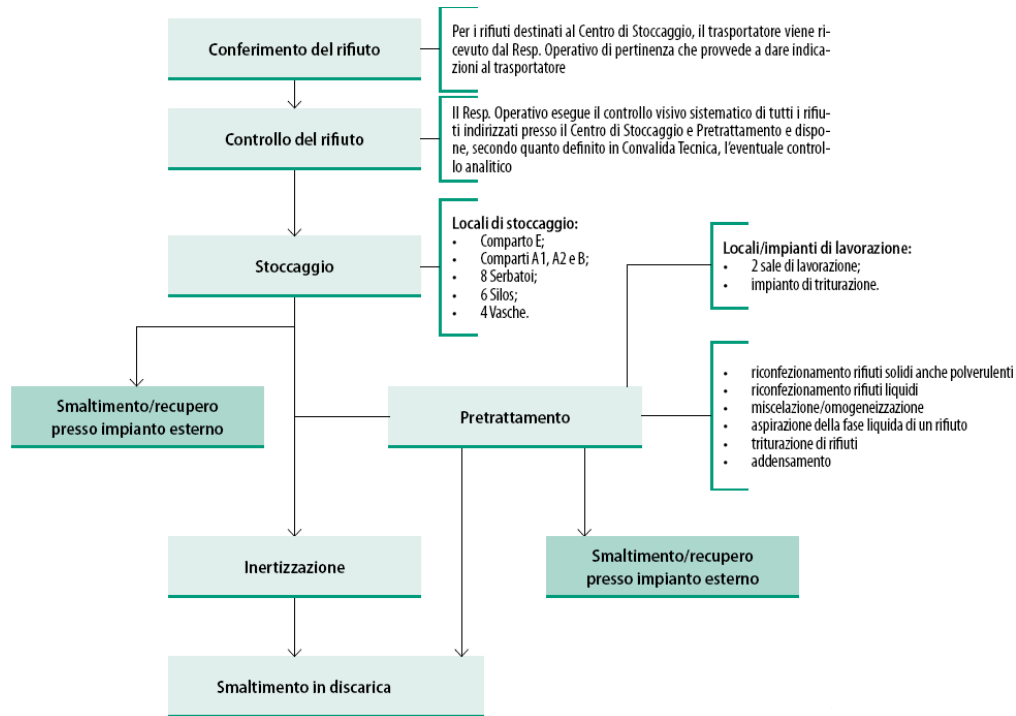
Le linee si distinguono per differenti operazioni meccaniche condotte ed anche per differenti reagenti utilizzati. Ciascuna linea di lavorazione/trattamento è costituita a sua volta da una sezione di ricevimento e stoccaggio dei rifiuti in ingresso e da una sezione di trattamento.

Oltre alle tre linee menzionate, un'ulteriore sezione autonoma, integrata nell'impianto, tratta terreni e fanghi palabili pericolosi e non sottoposti, come fase di pretrattamento, ad operazioni di miscelazione e omogeneizzazione per essere, infine, destinati allo smaltimento/recupero presso impianti esterni.



**Figura 5: Impianto Disidrat**





**Figura 6: Attività operative svolte presso il Centro HASI srl**

Le attività del Centro di Stoccaggio e Pretrattamento (schematizzate in Figura 6) consistono in:

- stoccaggio di rifiuti per successivo invio a recupero/smaltimento presso impianti esterni;
- stoccaggio preventivo ai pretrattamenti:
  - riconfezionamento rifiuti solidi e solidi polverulenti;
  - riconfezionamento rifiuti liquidi;
  - riconfezionamento rifiuti bifasici;
  - miscelazione;
  - addensamento e/o umidificazione (con aumento ponderale < 20%);
  - trattamento chimico-fisico (con aumento ponderale > 20%)
  - inertizzazione;
  - riduzione volumetrica dei rifiuti in un impianto fisso di triturazione.

Tutti i trattamenti eseguiti presso il Centro sono finalizzati all'ottimizzazione dello smaltimento finale del rifiuto.

### **3 - Protocollo 2018 – 2020: monitoraggio delle diverse matrici**

Il protocollo triennale 2018-2020 per ciascuna matrice (acqua, aria, alimenti) riporta in maniera dettagliata il piano di monitoraggio ed il profilo analitico applicato alle diverse matrici concordato con l'Azienda

Le metodologie di campionamento, le analisi e le valutazioni dei risultati fanno riferimento a quanto previsto dalla normativa nazionale (ove presente) e/o alle norme tecniche di settore.

In particolare, per la matrice aria la normativa presa a riferimento è il DLgs 155/2010 "*Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*". Sebbene le postazioni di misura si trovino all'interno del comparto e, pertanto, si configurino come ambiente di lavoro piuttosto che ambiente di vita, in un'ottica cautelativa i risultati sono confrontati con i limiti, i riferimenti normativi o di bibliografia indicati per la popolazione in generale (e non per i lavoratori), con l'avvertenza che, poiché le misure sono in ambito produttivo, le considerazioni sono da considerarsi prudenziali.

#### **3.1 - Acqua**

Poiché la qualità della falda superficiale è già verificata dalla Azienda attraverso autocontrolli e in ambito AIA, l'attività di controllo/monitoraggio aggiuntiva si è concentra sulle falde acquifere profonde che si trovano al di sotto della falda superficiale. Nello specifico, il controllo è effettuato campionando ed analizzando, con frequenza annuale, le acque del pozzo che si trova in via Guiccioli (profondità ~228 m).

I parametri analitici ricercati sono quelli previsti dal protocollo per le acque freatiche, più alcuni parametri storicamente ricercati nel pozzo di Via Guiccioli:

- |                                  |                  |
|----------------------------------|------------------|
| • metalli (Pb Cd Ni Cr Cu As Hg) | • piezometria    |
| • PCB                            | • Ossidabilità   |
| • PCT                            | • Ammonio        |
| • pesticidi organo clorurati     | • fosforo totale |
| • pesticidi organo fosforati     | • zinco          |
| • solventi FID                   | • pH             |
| • solventi clorurati             | • cloruri        |
| • fenoli                         | • nitrati        |

#### **3.2 - Aria**

Relativamente alla matrice aria, i controlli riguardano:

##### **❖ *Particolato atmosferico PM10***

In 4 postazioni all'interno del comparto è misurato il PM10 utilizzando un campionatore sequenziale (skypost). Le misure sono distribuite nel corso dell'anno per cogliere la variabilità stagionale.

→ 4 postazioni x 8 settimane x 7 giorni = 224 campioni gravimetriche

Sul particolato PM10 raccolto in tre postazioni (individuate fra le 4 monitorate in funzione delle massime ricadute previste dagli output modellistici), sono ricercati i seguenti microinquinanti:

- IPA      • PCB      • PCDD      • PCDF      • Metalli.

I filtri sono raggruppati in modo da ottenere, per ognuna delle 3 postazioni, 3 campioni rappresentativi delle diverse stagionalità (così come specificato al paragrafo 4).

##### **❖ *Deposizioni atmosferiche totali***

Le deposizioni atmosferiche totali (secche ed umide) sono campionate in 6 postazioni utilizzando i deposimetri "bulk". In ogni postazione sono collocati 2 deposimetri affiancati:

- uno per la misura di IPA, PCB, PCDD, PCDF ed
- uno per la misura dei metalli.

La necessità di utilizzare due diversi deposimetri deriva dal diverso materiale di cui deve essere costituito il campionatore: in polietilene PEH per i metalli, in vetro pyrex silanizzabile per i microinquinanti organici.

La frequenza di raccolta del campione è mensile, mentre le analisi sono effettuate su quanto raccolto in un trimestre. Per IPA, PCB, PCDD e PCDF il campione d'acqua raccolto mensilmente è "concentrato" su puf (filtrazione); il puf è estratto e l'estratto mensile stoccato. L'analisi – con spettrometro di massa ad alta risoluzione – è eseguita sull'estratto risultante dall'unione dei 3 campioni mensili (3 puf).

E' effettuata anche una "media spaziale" aggregando i campioni raccolti nelle 6 postazioni secondo questo criterio:

- Nord + Nord-Est (margine vasca) [postazioni 1 e 6];
- Ovest + Est (cabinotto) [postazioni 2 e 4];
- Sud + Sud-Est (vicino a recinzione) [postazioni 5 e 3].

### ❖ **Amianto**

Considerando che nell'ambito del comparto è presente un centro di stoccaggio autorizzato al conferimento di MCA (materiali contenenti amianto), è stato improntato un campionamento per verificare l'assenza di fibre aerodisperse.

Poiché la potenziale presenza di fibre aerodisperse dipende dalle condizioni meteorologiche (in particolare dal grado di umidità) e dalla presenza o meno di conferimenti al centro di stoccaggio, i campionamenti sono stati eseguiti prevalentemente durante la stagione estiva (più secca) e, quando possibile, in concomitanza alla presenza in impianto di MCA stoccati nel piazzale.

### ❖ **Sostanze odorigene**

Nel triennio 2018 – 2020 è stato portata a termine l'indagine sulle sorgenti odorigene diffuse presenti nel comparto e delle immissioni odorigene nel territorio circostante utilizzando il naso elettronico.

Nei primi due anni (2018 e 2019) sono state caratterizzate le sorgenti: i campioni raccolti in corrispondenza delle principali sorgenti odorigene del comparto sono state analizzate con la tecnica dell'olfattometria dinamica (presso il Laboratorio di Olfattometria Dinamica di Arpae Modena).

Inoltre si è proceduto all' "addestramento" del naso elettronico con il quale sono state condotte due campagne di monitoraggio e della durata di circa 40 giorni.

Nel 2020 i dati emissivi, determinati negli anni precedenti, sono stati utilizzati per uno studio modellistico di dispersione delle sostanze odorigene .

## **3.3 - Indicatori di bioaccumulo**

Per avere indicazioni sull'interazione tra l'impianto e organismi di flora e fauna limitrofi, si è fatto ricorso – come in passato – al campionamento e all'analisi di alcuni indicatori di bioaccumulo (vegetale ed animale). In particolare, in aziende agricole potenzialmente esposte alle ricadute delle emissioni del comparto, sono stati prelevati tre campioni di prodotti agricoli e tre di origine animale, sui quali è stato eseguito il controllo analitico di:

- Metalli (Piombo, Cadmio, Nichel, Mercurio, Rame, Arsenico e Cromo totale)
- PCB e PCDD.

## 4 – Risultati del triennio di monitoraggio (2018 - 2020)

### 4.1 Acqua di falda profonda

La matrice acqua (piezometri e acque sotterranee) è controllata per verificare l'efficienza del sistema di contenimento del percolato delle discariche. Infatti, un'eventuale infiltrazione - non correttamente governata e trattata - inquinerebbe il suolo e di conseguenza la falda acquifera.

L'Azienda già verifica, attraverso autocontrolli e in ambito AIA, la qualità della falda superficiale; il monitoraggio di Arpae, invece, è solo sulla falda profonda e avviene analizzando l'acqua del pozzo che si trova in via Guiccioli (fig.7).



**Fig. 7 Pozzo profondo di via Guiccioli  
(ex RA-1101)**

Il pozzo di via Guiccioli – pozzo a monofalda, afferente probabilmente all'acquifero A4 - consente di prelevare l'acqua ad una profondità di 228 m.

Questo pozzo fino a qualche anno fa era inserito nella rete regionale delle acque sotterranee (RA-1101): è quindi disponibile una cospicua serie storica di dati analitici utili a valutare la presenza di eventuali anomalie.

In tabella 1 sono riportati il pH e la concentrazione di alcuni parametri ricercati a partire dal 2001: valore di pH e concentrazioni risultano sostanzialmente uniformi.

Data campione	pH	Ossidabilità (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Fenoli (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Ptot (mg/l)
10/04/2001	8.3	13.0	9.75	63.9	< 0.0005	< 0.5	1.60
30/10/2001	8.3	11.8	8.53	54.8	< 0.0005	< 0.5	0.78
20/05/2002	8.0	9.2	9.45	66.0	< 0.0005	< 0.5	2.00
14/05/2004	7.5	13.1	9.59	57.1	0.003	< 0.5	3.06
28/07/2006	7.7	10.2	8.93	107.8	0.004	n.v.	1.88
03/07/2008	7.9	12.1	10.54	66.6	0.001	< 0.5	0.79
10/09/2009	7.7	11.4	8.65	51.3	0.0024	< 0.5	2.03
25/06/2010	8.1	11.6	10.40	61.5	< 0.0005	< 0.5	3.39
28/06/2011	7.8	14.0	9.21	66.3	0.005	1.00	0.68
25/06/2012	7.8	12.5	13.48	54.1	0.007	6.55	0.20
06/08/2013	8.0	9.3	10.26	52.8	0.002	0.51	0.24
19/05/2014	8.0	12.8	12.00	57.0	0.001	< 0.5	n.r.
09/09/2014	8.0	13.7	9.83	57.0	0.004	< 0.5	0.73
09/09/2015	7.9	10.2	10.16	55.0	< 0.0005	1.5	0.09
30/08/2016	7.9	12.0	8.24	55.0	0.0074	< 0.5	0.74
30/08/2017	7.8	15.3	8.80	79.0	< 0.0005	< 0.5	0.69
28/08/2018	7.6	15.1	9,11	54.0	< 0.05	< 0.5	0.57
27/08/2019	7.6	14.3	16.52	45.0	< 0.010	0.7	0.65
24/08/2020	7.6	10.2	8.60	54.0	< 0.010	< 1.0	0.52

**Tab.1 - Dati analitici osservati nel pozzo di via Guiccioli dal 2001 al 2020 (ex RA-1101)**



A partire dal 2015 sono state eseguite anche altre determinazioni analitiche, per rilevare l'eventuale presenza di metalli, PCB, PCT e pesticidi. I dati, generalmente inferiori al relativo limite di variabilità strumentale, sono riportati in tabella 2.

Parametro	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Pb (µg/l)	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1
Cd (µg/l)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Ni (µg/l)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cr (µg/l)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cu (µg/l)	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1
As (µg/l)	8	7	6	10	4	4
Hg (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.09	0.22
PCB (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.005
PCT (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Pesticidi organo clorurati (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Pesticidi organo fosforiti (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

**Tab.2 - Parametri analitici rilevati nel pozzo di via Guiccioli 2015 - 2020 (ex RA-1101)**

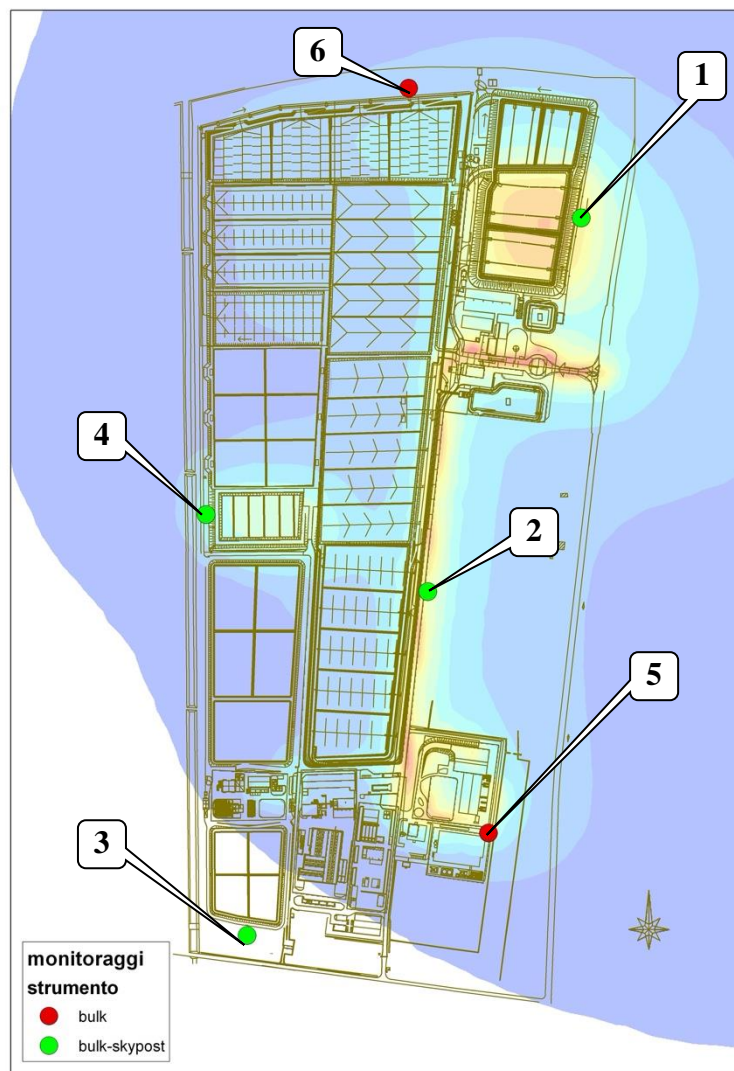
## 4.2 - Aria

Per la matrice aria vengono di seguito riportati i dati di monitoraggio relativi al particolato PM10, alle deposizioni atmosferiche totali, alla ricerca in aria ambiente di fibre di amianto e alle sostanze odorigene.

Il particolato PM10 è stato campionato in 4 postazioni all'interno del comparto, utilizzando quattro campionatori sequenziali (skypost).

Le deposizioni, invece, sono state raccolte in corrispondenza di 6 postazioni (4 coincidenti con quelle del PM10) collocando in ogni postazione due deposimetri di tipo "bulk", uno in vetro pirex silanizzabile per IPA, PCB, diossine e furani e l'altro in polietilene PEH per la determinazione dei metalli;

Il monitoraggio ambientale di particolato e deposizioni in ottica di comparto è stato pianificato effettuando, nel 2015, uno studio preliminare per individuare le sorgenti più significative presenti e le aree di massima ricaduta del particolato emesso. Sono state considerate le emissioni convogliate (modellizzate come sorgenti puntuali), quelle prodotte dal transito di mezzi pesanti all'interno del comparto (sorgente lineare) e le emissioni riconducibili, in generale, all'attività di gestione della discarica (sorgenti areali); inserite come dato di input al modello di dispersione (ADMS Urban), unitamente ai dati meteorologici (anno 2014), hanno fornito mappe di isoconcentrazione. I risultati della simulazione modellistica e una serie di sopralluoghi, hanno consentito di individuare i punti più significativi dove eseguire i campionamenti di PM10 (postazioni 1÷ 4, Figura 8 - Tabella 3) e deposizioni (postazioni 1÷ 6, Figura 8 Tabella 3).



**Figura 8 – Punti di campionamento di particolato PM10 e deposizioni atmosferiche**

Postazione	Caratteristiche
1	In prossimità dell'area di coltivazione della discarica per rifiuti non pericolosi (8° settore)
2	Lungo la via principale di transito all'interno del sito
3	Punto in corrispondenza del 3° stralcio in copertura definitiva della Discarica P e NP (EX SOTRIS)
4	In prossimità della discarica esaurita per rifiuti pericolosi
5	Zona recupero energetico termovalorizzatore (IRE)
6	In prossimità della discarica esaurita per rifiuti non pericolosi (6° settore)

**Tabella 3 – Postazioni di misura all'interno del comparto**

#### **4.2.1 - Particolato PM10**

Il D.Lgs 13 agosto 2010, n. 155 “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa” fissa i valori limite e valori obiettivo di qualità dell'aria per le concentrazioni di una serie di inquinanti, fra i quali il particolato PM10, alcuni metalli e il benzo-a-pirene (come tracciante degli IPA) contenuti nel PM10.

Lo stesso decreto prevede la possibilità di effettuare (in alternativa ad un monitoraggio in continuo) “misure indicative” che, per cogliere la variabilità stagionale degli inquinanti, devono essere

distribuite nel corso dell'anno e avere un periodo di copertura superiore al 14% (cioè superiore a 52 giorni/anno). Entrambi i requisiti sono soddisfatti dai campionamenti del PM10 e, pertanto, le concentrazioni rilevate possono essere confrontate con gli standard di qualità dell'aria con maggior attendibilità.

In tabella 4 sono riportati i periodi in cui sono state effettuate le campagne e, per ciascuna, il numero di dati validi: come si può vedere in ogni postazione il numero di dati disponibili è decisamente superiore al minimo richiesto.

<i>N° dati validi / Postazioni</i>	<b>2018</b>								<i>Dati totali</i>
	<b>11 gen – 18 gen</b>	<b>1 feb – 9 feb</b>	<b>17 apr – 24 apr</b>	<b>5 mag – 12 mag</b>	<b>12 lug – 19 lug</b>	<b>13 set – 20 set</b>	<b>20 nov – 27 nov</b>	<b>11 dic – 18 dic</b>	
Postazione 1	8	8	8	8	8	8	8	8	<b>64</b>
Postazione 2	8	8	8	8	8	8	8	8	<b>64</b>
Postazione 3	8	8	8	8	8	8	8	8	<b>64</b>
Postazione 4	8	8	8	8	8	8	8	8	<b>64</b>
	<b>2019</b>								
	<b>22 gen - 07 feb</b>	<b>1 8 apr - 25 apr</b>	<b>7 mag - 14 mag</b>	<b>23 lug - 30 lug</b>	<b>20 set - 27 set</b>	<b>15 nov - 22 nov</b>	<b>21 nov - 08 dic</b>	<b>11 dic - 23 dic</b>	
Postazione 1	17	8	8	8	8	8		8	<b>65</b>
Postazione 2	17	8	8	8	8		8 (*)	8	<b>65</b>
Postazione 3	17	8	8	8	8	8		8	<b>65</b>
Postazione 4	17	8	8	8	8	8		8	<b>65</b>
	<b>2020</b>								
	<b>25 gen- 13feb</b>	<b>21 apr - 10 mag</b>		<b>21 lug- 3 ago</b>	<b>22 set- 29 set</b>		<b>24 nov – 9dic</b>		
Postazione 1	15	20		7	7		16		<b>65</b>
Postazione 2	16	20		7	7		15		<b>65</b>
Postazione 3	16	17		7	6		15		<b>61</b>
Postazione 4	17	19		7	7		16		<b>66</b>

(\*) Lo strumento installato nella postazione 2, nel periodo 15 – 21 novembre 2019 è stato in manutenzione. Pertanto in questa postazione il monitoraggio, iniziato il 21 novembre, si è protratto fino al 8 dicembre

**Tabella 4 – Periodi di campionamento del particolato PM10 e numero di dati validi**

Come elemento di confronto in Tabella 5 sono riportate alcune elaborazioni dei dati rilevati, negli stessi periodi, oltre che nelle postazioni di Hera, in 4 stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria di Ravenna:

- Rocca Brancaleone: stazione di traffico/industriale;
- Zalamella: stazione di traffico urbano;
- Caorle: stazione di fondo urbano residenziale;
- San Vitale: stazione industriale, collocata all'interno dell'area portuale è specificatamente dedicata al monitoraggio degli impatti delle attività che vengono svolte all'interno dell'area portuale, fra le quali hanno un ruolo preponderante la movimentazione e lo stoccaggio di merci alla rinfusa.

Le tre stazioni ubicate in area urbana sono idonee alla misura degli standard di qualità dell'aria e due di queste (Caorle e Zalamella) fanno parte della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA), mentre Rocca è una stazione locale di rilevanza storica (i dati vengono rilevati da Arpae dal 1997). Anche la stazione San Vitale fa parte della rete locale: dedicata al monitoraggio di una realtà specifica di Ravenna (area industriale/portuale), è un riferimento più idoneo per il confronto con i dati misurati nel comparto.

In particolare, per il PM 10 nelle Tabelle 5, 6 e 7 sono riportati, per ciascun anno di monitoraggio:

- il numero di dati (concentrazioni media giornaliera) disponibili;
- la media annuale (il limite del DLgs 155/2010 è 40 µg/m<sup>3</sup>);

- la concentrazione massima giornaliera misurata nella postazione;
- il 90,4 percentile delle concentrazioni misurate;
- Il numero di giorni in cui – durante il monitoraggio – è stata superata la concentrazione di 50 µg/m<sup>3</sup> (il limite del DLgs 155/2010 è di 35 superamenti/anno);
- la percentuale di giorni in cui è stata superata la concentrazione di 50 µg/m<sup>3</sup> (su base annua tale valore non deve superare il 9.6%).

Postazione / Stazione RRQA		N° dati	Media [µg/m <sup>3</sup> ]	Max giornaliero [µg/m <sup>3</sup> ]	90.4° [µg/m <sup>3</sup> ]	N° di sup 50 µg/m <sup>3</sup> nei dati rilevati	N° di sup % nei dati rilevati
Postaz. 1		64	31	73	50	7	11%
Postaz. 2		64	40	80	59	20	31%
Postaz. 3		64	32	58	46	3	5%
Postaz. 4		64	35	95	54	9	14%
SAN VITALE	Industriale	64	41	83	61	19	30%
CAORLE	Fondo Urbano Res.	59	25	46	35	0	0%
ZALAMELLA	Traffico Urbano	64	27	59	40	1	2%
ROCCA	Traffico / Industriale	62	27	54	40	1	2%

**Tabella 5 – Parametri statistici PM10 per le stazioni RRQA e per le postazioni nel comparto –2018.**

Postazione / Stazione RRQA		N° dati	Media [µg/m <sup>3</sup> ]	Max giornaliero [µg/m <sup>3</sup> ]	90.4° [µg/m <sup>3</sup> ]	N° di sup 50 µg/m <sup>3</sup> nei dati rilevati	N° di sup % nei dati rilevati
Postaz. 1		65	29	61	47	5	8%
Postaz. 2		65	39	106	67	15	23%
Postaz. 3		65	32	71	51	7	11%
Postaz. 4		65	28	56	49	6	9%
SAN VITALE	Industriale	74	32	75	55	11	15%
CAORLE	Fondo Urbano Res.	72	26	67	50	7	10%
ZALAMELLA	Traffico Urbano	74	30	74	58	11	15%
ROCCA	Traffico / Industriale	74	26	70	54	8	11%

**Tabella 6 – Parametri statistici PM10 per le stazioni RRQA e per le postazioni nel comparto –2019.**

Postazione / Stazione RRQA		N° dati	Media [µg/m <sup>3</sup> ]	Max giornaliero [µg/m <sup>3</sup> ]	90.4° [µg/m <sup>3</sup> ]	N° di sup 50 µg/m <sup>3</sup> nei dati rilevati	N° di sup % nei dati rilevati
Postaz. 1		65	30	143	61	13	20%
Postaz. 2		65	35	106	76	13	20%
Postaz. 3		61	32	98	70	11	18%
Postaz. 4		66	33	94	74	16	24%
SAN VITALE	Industriale	77	35	95	72	14	18%
CAORLE	Fondo Urbano Res.	77	25	85	63	11	14%
ZALAMELLA	Traffico Urbano	77	28	106	74	12	16%
ROCCA	Traffico / Industriale	77	25	98	72	11	14%

**Tabella 7 – Parametri statistici PM10 per le stazioni RRQA e per le postazioni nel comparto – 2020.**

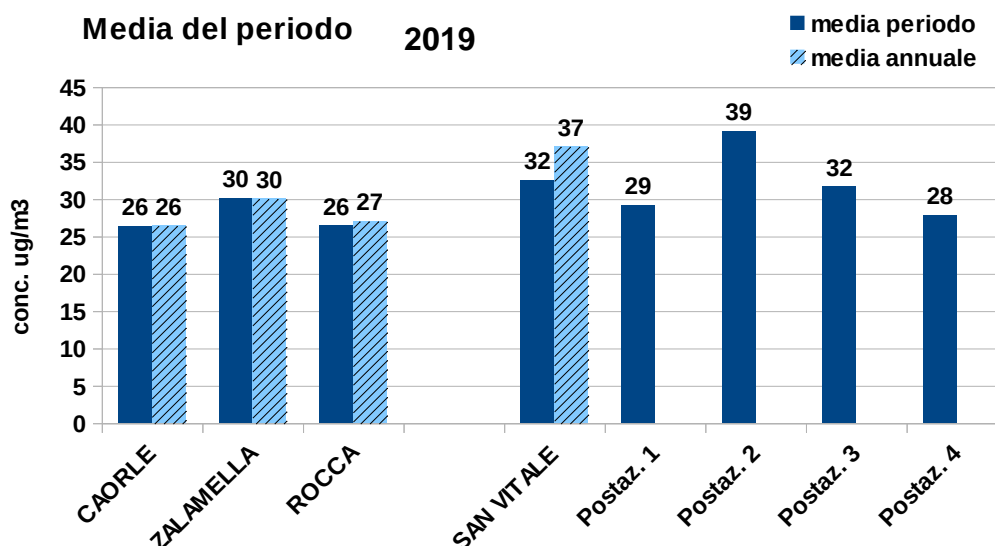
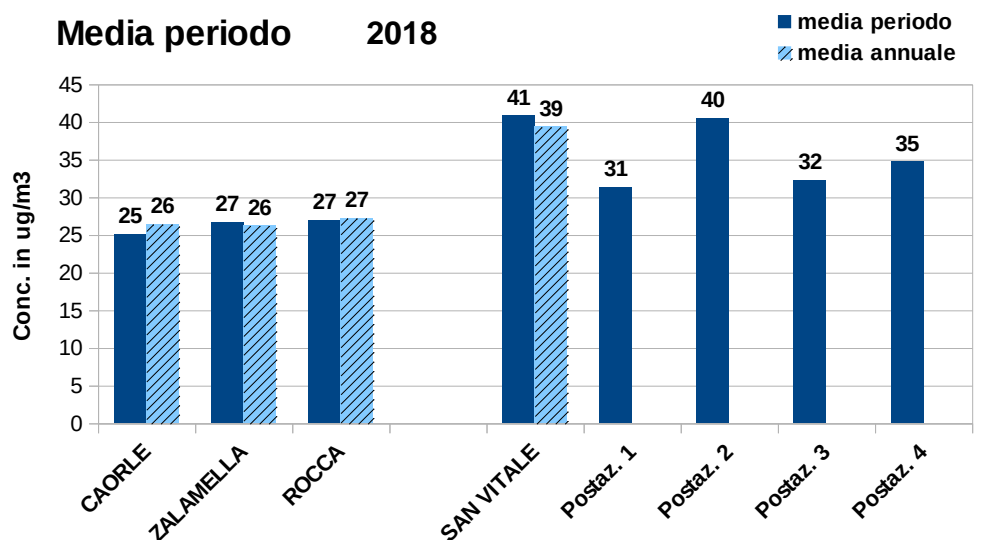
Il numero di giorni e le modalità di campionamento sono conformi al Dlgs 155/2010 per misure discontinue, quindi è corretto un confronto diretto della media con il limite di legge per il lungo periodo

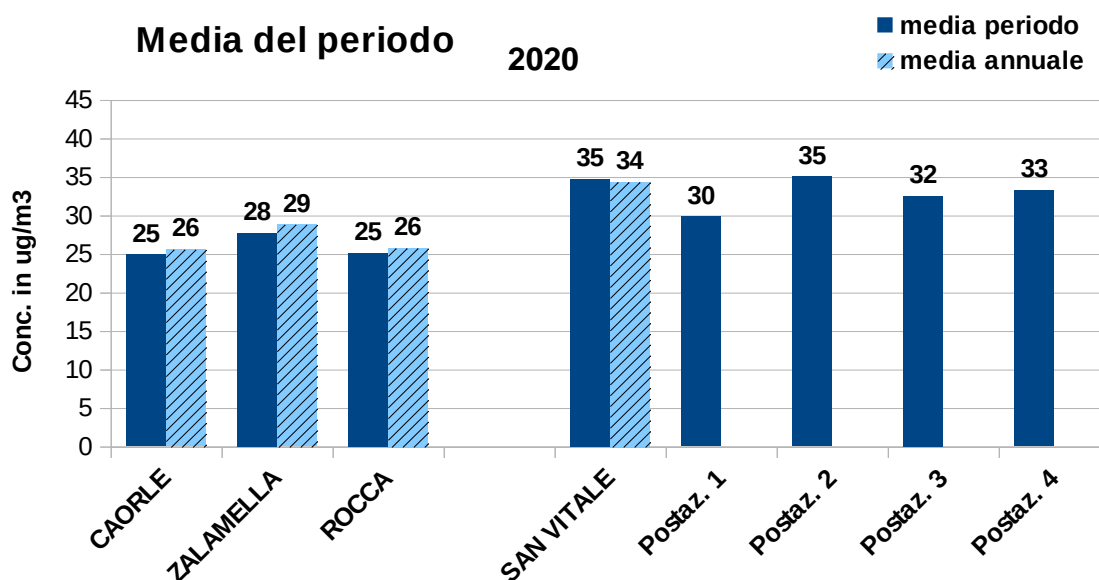


(la media annuale non deve essere superiore a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), mentre il 90.4° percentile e il numero di superamenti percentuali sono due parametri che danno un'indicazione del superamento o meno del limite di breve periodo ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da non superare per più di 35 giorni in un anno): se il 90.4° percentile è superiore a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , così come se il numero di superamenti percentuali è maggiore del 9.6%, è probabile che il limite giornaliero del PM10 non sia rispettato (cioè è altamente probabile che si verificano più di 35 superamenti in un anno della concentrazione media giornaliera di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Nelle figure 9, per ogni anno di monitoraggio, sono riportate le medie di PM10 delle 4 postazioni all'interno del comparto e quelle misurate, negli stessi periodi, nelle 4 stazioni della RRQA.

Per le stazioni della RRQA vengono indicate anche le medie annuali: le medie del periodo non differiscono in modo sostanziale da quelle annuali, è quindi presumibile che una relazione simile sia plausibile anche nelle postazioni all'interno del comparto ( $1 \div 4$ ).

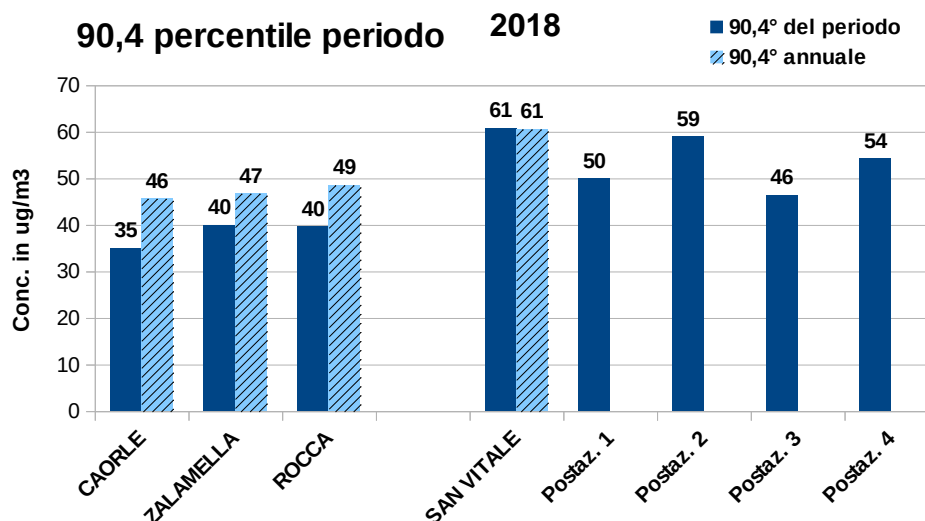


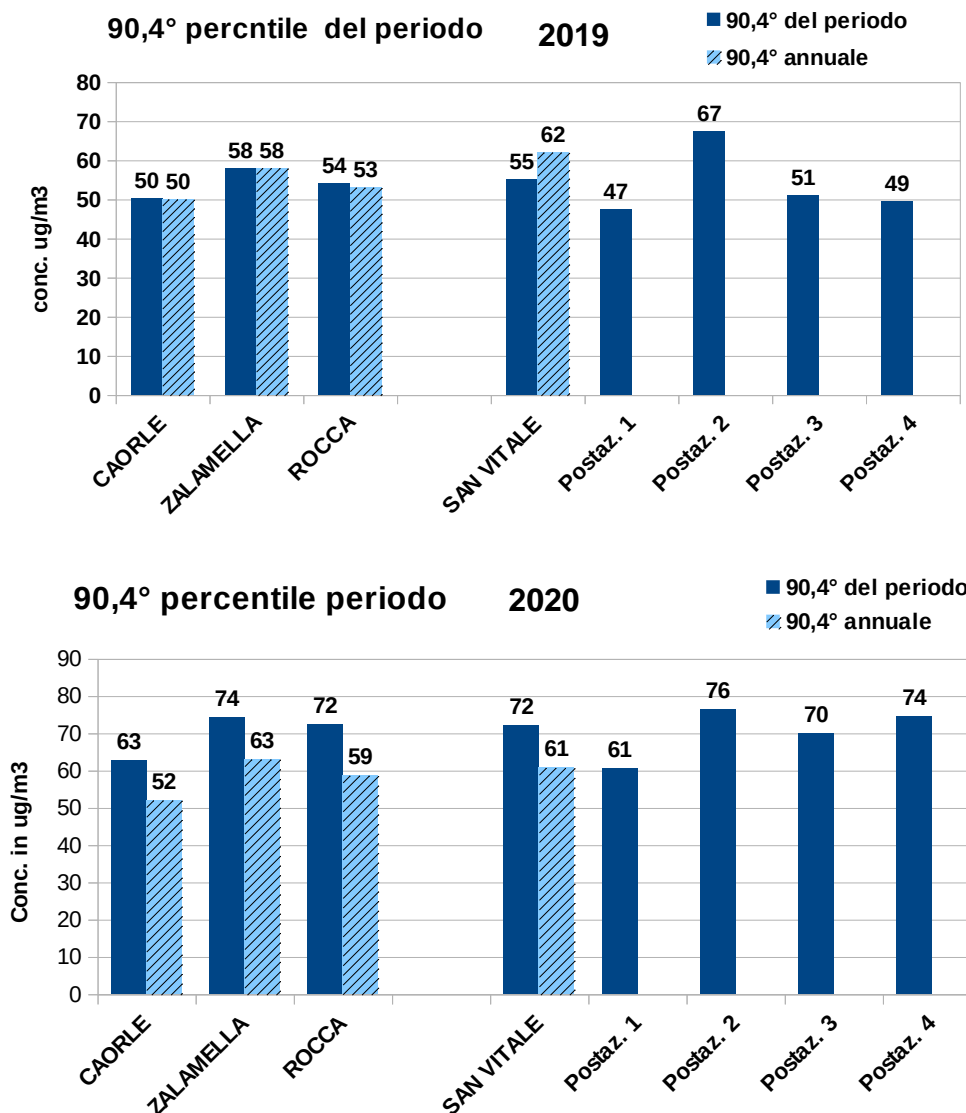


**Figura 9 – Medie di PM10 del periodo di campionamento misurate nel comparto e dalle stazioni della RRQA e medie annuali 2018 – 2019 - 2020 delle stazioni della RRQA**

In figura 10 sono riportate le stesse elaborazioni riferite, però, al 90.4° percentile delle medie giornaliere, misurate nei periodi di campionamento e nel corso di tutto l'anno (per le stazioni della RRQA dove c'è la disponibilità dei dati su base annuale). Questo parametro risente di più delle condizioni locali e della distribuzione del campionamento nel corso dell'anno e l'omogeneità fra dato annuale e dato relativo al periodo è minore e variabile a seconda degli anni e della postazione:

- nel 2018, a parte San Vitale dove c'è coincidenza, il 90.4° percentile è generalmente più basso nel periodo di misura rispetto all'annualità, quindi è probabile che in tutte le postazioni si abbia il superamento;
- nel 2019, il 90.4° percentile del periodo di misura è in linea con quello dell'annualità, quindi è probabile che in alcune postazioni (1 e 4) non si abbia superamento;
- nel 2020 i dati annuali sono più bassi rispetto a quelli rilevati nel periodo ma, anche considerando la sovrastima del 90,4° percentile, si può supporre che si abbia superamento in tutte le postazioni (come del resto nella RRQA).





**Figura 10 –PM10 – 90.4° percentile del periodo di campionamento misurato nel comparto e dalle stazioni della RRQA e 90.4° percentile annuale nelle stazioni della RRQA – 2018 – 2019 - 2020**

Come prevedibile, vista la somiglianza della tipologia di destinazione d'uso del territorio oggetto di indagine, le elaborazioni dei dati rilevati nel comparto Herambiente risultano più simili a quelle della stazione industriale situata in area portuale (Porto San Vitale).

Nel comparto, la media annuale di PM10 risulta inferiore a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in tutte le postazioni, con un valore superiore nella postazione 2 rispetto alle altre 3 (in tutte le tre annualità).

Con riferimento al limite di breve periodo (media giornaliera che non deve superare i  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per più di 35 giorni in un anno), si stima che nel comparto, nelle tre annualità, il limite venga superato.

La postazione più critica è la numero 2, situata lungo la strada interna al comparto e quindi più impattata dal contributo legato alle emissioni prodotte dal traffico pesante. Inoltre, nel 2018 e parte del 2019, l'area circostante questa postazione è stata interessata dall'attività del comparto 9 della discarica.

#### 4.2.2 - Metalli e microinquinanti nel particolato PM10

Sul particolato PM10 raccolto nelle postazioni 1, 2 e 4, dopo la determinazione gravimetrica (concentrazione del particolato in aria), è stata effettuata l'analisi chimica per la ricerca di:

- Metalli (Piombo, Cadmio, Nichel, Cromo, Vanadio, Argento, Arsenico)
- IPA
- PCB e diossine

Tenendo conto che generalmente le concentrazioni di metalli e microinquinanti sono inferiori in periodo estivo, i filtri raccolti nelle diverse campagne di rilevamento sono stati raggruppati secondo questo schema:

01 gennaio – 29 febbraio	01 aprile – 30 settembre	1 novembre – 31 dicembre
Gen-Feb	Apr-Set	Nov-Dic

#### Metalli

In tabella 8 sono riportate le concentrazioni medie dei metalli rilevate sulle 3 postazioni di campionamento nel triennio. I relativi rapporti di prova (allegati) riportano le concentrazioni dei singoli analiti espressi in valore assoluto ( $\mu\text{g ass}$ ); per passare alle concentrazioni in aria riportate in tabella 8 occorre tener conto della massa totale di particolato e del volume d'aria campionato.

La tabella 9 riporta, invece, le concentrazioni massime.

Metalli (ng/m <sup>3</sup> )	Postazione 1			Postazione 2			Postazione 4		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Piombo	4.8	4.2	6.3	8.9	36.4	12.8	5.0	23.0	5.5
Cadmio	0.1	0.1	0.4	0.2	0.3	0.7	0.1	0.2	0.4
Cromo	1.8	3.6	20.0	5.0	6.1	29.7	2.6	3.9	16.7
Nichel	< 4.0	1.9	1.5	< 4.0	2.1	1.2	< 4.0	2.1	1.5
Vanadio	1.4	2.0	3.2	2.1	2.7	3.2	1.5	2.0	2.7
Argento	< 0.1	0.4	0.1	< 0.1	0.2	0.6	< 0.1	0.2	0.2
Arsenico	0.6	0.7	1.0	0.6	0.7	0.8	0.4	0.5	0.6

Tabella 8 – Concentrazioni medie di metalli (esprese in ng/m<sup>3</sup>) rilevate nel triennio

Metalli (ng/m <sup>3</sup> )	Postazione 1			Postazione 2			Postazione 4		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Piombo	8.6	7.1	10.1	14.9	94.4	17.9	8.9	59.8	7.0
Cadmio	0.1	0.2	0.9	0.3	0.3	1.3	0.2	0.3	0.8
Cromo	2.8	5.2	44.0	5.3	8.9	69.0	2.9	5.7	41.0
Nichel	< 4.0	2.0	1.5	< 4.0	2.6	1.5	< 4.0	2.5	1.5
Vanadio	2.7	3.1	5.5	3.2	3.4	5.3	3.0	3.0	4.7
Argento	< 0.1	0.5	0.1	< 0.1	0.5	1.6	< 0.1	0.5	0.4
Arsenico	0.7	1.0	1.4	0.8	1.0	1.0	0.5	0.7	0.7

Tabella 9 – Concentrazioni massime di metalli (esprese in ng/m<sup>3</sup>) rilevate nel triennio

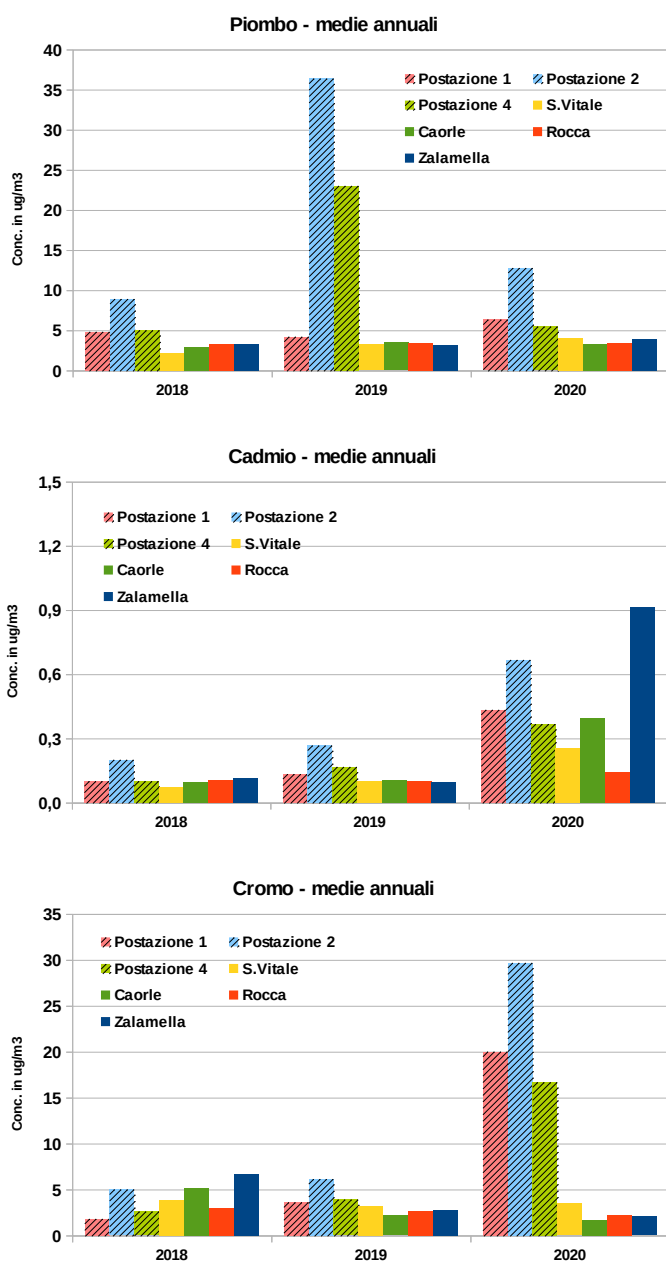
A titolo di confronto la tabella 10 riporta, per i metalli previsti dal DLgs 155/2010, il range di concentrazioni in aria ambiente misurati nella RRQA di Ravenna nel periodo 2010 – 2020, gli intervalli (italiano ed europeo) previsti in letteratura e, in ultima colonna, i relativi valori obiettivo previsti dalla normativa sulla qualità dell'aria.



Inquinante (ng/m <sup>3</sup> )	Range stazioni RRQA RA (2010-2020)	Range italiano	Range europeo	Valore obiettivo DLvo 155/2010
<b>Piombo</b>	3,4 ÷ 25,8	6,3 ÷ 210	10 ÷ 100	500
<b>Cadmio</b>	0,2 ÷ 5,8	0,2 ÷ 4	0,2 ÷ 2,5	5
<b>Nichel</b>	1,4 ÷ 5,5	3,3 ÷ 35	1,4 ÷ 13	20
<b>Arsenico</b>	< 1.0	0,3 ÷ 8,4	0,5 ÷ 3	6

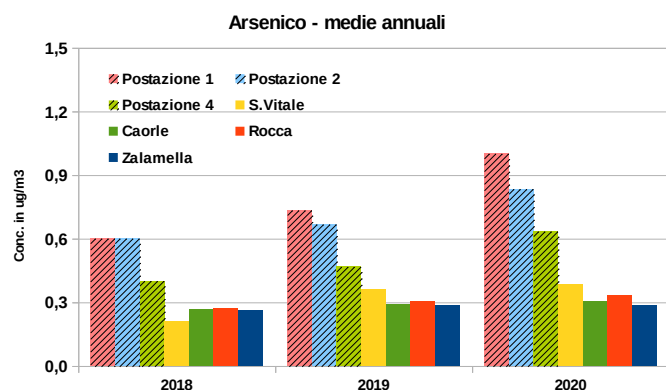
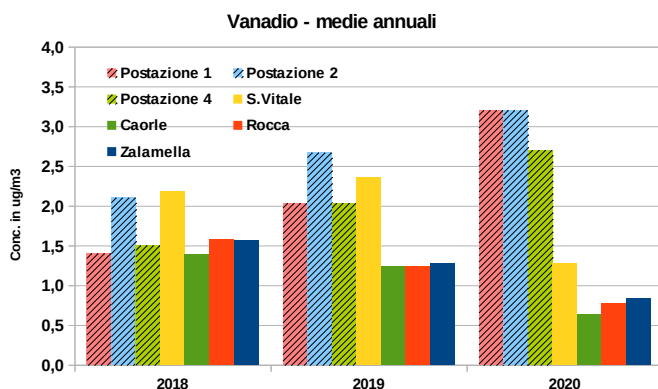
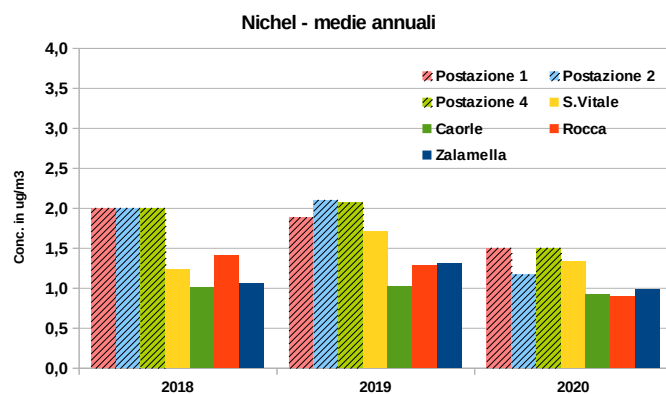
**Tabella 10 - Istituto Superiore di Sanità: concentrazioni (ng/m<sup>3</sup>) di piombo, cadmio, nichel, arsenico nel PM<sub>10</sub>; confronto tra vari anni e con i range italiani ed europei**

Le Figure 11 e 12 riportano i grafici delle concentrazioni medie annuali di metalli misurati nelle postazioni 1,2 e 4 nel triennio, confrontate con le concentrazioni rilevate nello stesso periodo nelle stazioni della RRQA (l'Argento, poiché le concentrazioni sono risultate generalmente inferiori o prossime al limite di rilevabilità, non è riportato).



**Figura 11**

**Pb, Cd e Cr misurati all'interno del comparto e nelle stazioni della RRQA**



**Figura 12**

**Ni, V e As misurati all'interno del comparto e nelle stazioni della RRQA**

Le concentrazioni medie annue di Piombo, Cadmio, Nichel, Arsenico misurate nel comparto rispettano i valori obiettivo della qualità dell'aria e, in generale, sono in linea con i dati di bibliografia. Alcune osservazioni relative agli istogrammi dei metalli:

- o i valori di Cadmio più alti in area urbana rispetto al comparto potrebbero essere, in parte, riconducibili alla maggior presenza nel particolato di materiale proveniente dall'usura dei pneumatici;
- o Il Cromo mostra valori significativamente più alti nelle postazioni del comparto, in particolare nel 2020 e nella postazione 2;
- o il Piombo è più elevato nella postazione 2 all'interno del comparto (caratterizzata dalla vicinanza della strada interna su cui transitano i mezzi pesanti che conferiscono i rifiuti), con valori elevati nel 2019;
- o Nichel e Vanadio tendono ad essere più alti nelle postazioni del comparto;

## Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

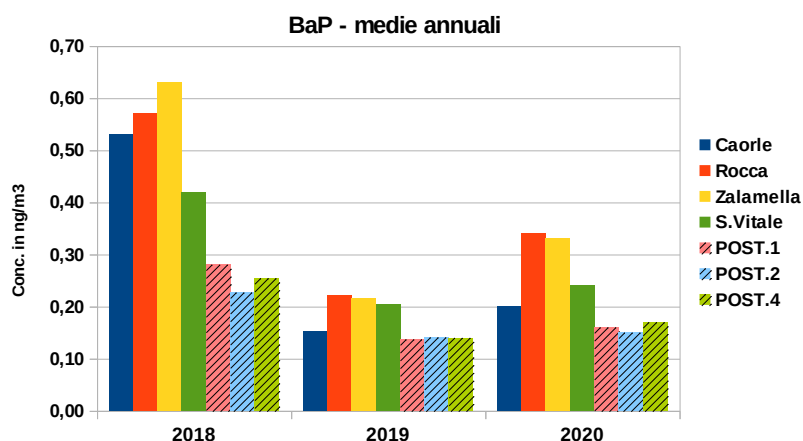
Anche per l'analisi degli IPA sono stati raggruppati i filtri delle postazioni 1,2 e 4 nei tre periodi. La tabella 11 riporta, per ogni periodo e per ogni postazione, le concentrazioni di Benzo(a)Pirene (BaP) e del totale degli IPA rilevati nel triennio; l'ultima colonna riporta la concentrazione media annua nella postazione, in riga è calcolata la media del periodo nell'area e nell'incrocio (valore in rosso) la media annua del comparto. Nel calcolo della media i valori inferiori al limite di quantificazione ( $<0.01 \text{ ng/m}^3$ ) sono stati posti uguali alla metà del limite stesso ( $=0.005 \text{ ng/m}^3$ ).

	2018				2019				2020			
<b>BaP ng/m<sup>3</sup></b>	Gen - Feb	Apr -Set	Nov -Dic	Media anno	Gen - Feb	Apr -Set	Nov -Dic	Media anno	Gen - Feb	Apr -Set	Nov -Dic	Media anno
Postazione 1	0,49	< 0,01	0,64	0,38	0,35	< 0,01	0,23	0,20	0,22	< 0,01	0,26	0,16
Postazione 2	0,54	< 0,01	0,74	0,43	0,27	< 0,01	0,37	0,22	0,2	< 0,01	0,24	0,15
Postazione 4	0,51	< 0,01	0,78	0,43	0,23	0,01	0,22	0,15	0,26	< 0,01	0,23	0,17
Media Postazioni	0,51	< 0,01	0,72	0,41	0,28	0,01	0,27	0,19	0,23	0,01	0,24	0,16
<b>IPA tot ng/m<sup>3</sup></b>	Gen - Feb	Apr -Set	Nov -Dic	Media anno	Gen - Feb	Apr -Set	Nov -Dic	Media anno	Gen - Feb	Apr -Set	Nov -Dic	Media anno
Postazione 1	5,85	0,10	9,21	5,05	4,52	0,11	3,26	2,63	2,58	0,04	2,8	1,81
Postazione 2	6,53	0,15	9,12	5,27	3,5	0,12	4,34	2,65	2,23	0,05	2,93	1,74
Postazione 4	6,00	0,13	9,77	5,30	2,96	0,15	2,69	1,93	3,2	0,04	2,77	2,00
Media Postazioni	6,13	0,13	9,37	5,21	3,66	0,13	3,43	2,41	2,67	0,04	2,83	1,85

**Tabella 11 – concentrazioni di BaP e IPA totali rilevati nelle 3 postazioni negli anni 2018, 2019 e 2020**

Nel grafico (figura 13) le concentrazioni medie annuali di BaP rilevate nelle 3 postazioni sono confrontate con quelle dell'area urbana di Ravenna e della stazione di San Vitale.

Il valore obiettivo previsto dalla normativa per questo inquinante è di  $1 \text{ ng/m}^3$  come media annuale: le concentrazioni medie annuali rilevate nel comparto (figura 13 ed in tabella 11) risultano inferiori a metà del limite e, nel 2019 e 2020, confrontabili con le medie misurate presso le stazioni della RRQA.



**Figura 13**

**Concentrazione medie annuali di B(a)P misurata nelle postazioni del comparto e nelle stazioni RRQA**

Il D.l.vo 155/2010 suggerisce di determinare, oltre al BaP, alcuni altri IPA: Benzo(a)Antracene, Benzo(b+j)Fluorantene, Benzo(k)Fluorantene, Indeno(1,2,3,c,d)Pirene, Dibenzo(a,h)Antracene. In figura 14 è riportata la distribuzione percentuale di questi IPA richiamati dalla normativa, calcolata come sommatoria delle concentrazioni medie di questo sottogruppo.

I rapporti tra le concentrazioni di questi IPA rispetto al loro totale sono variati nel triennio; il contributo del Benzo(b+j)Fluorantene risulta predominante nel comparto e, dal 2019, anche nella stazione di Caorle, inoltre si rileva nel 2020 un aumento dell'apporto di Dibenzo(a,h)Antracene presso le postazioni 2 e 4 del comparto.

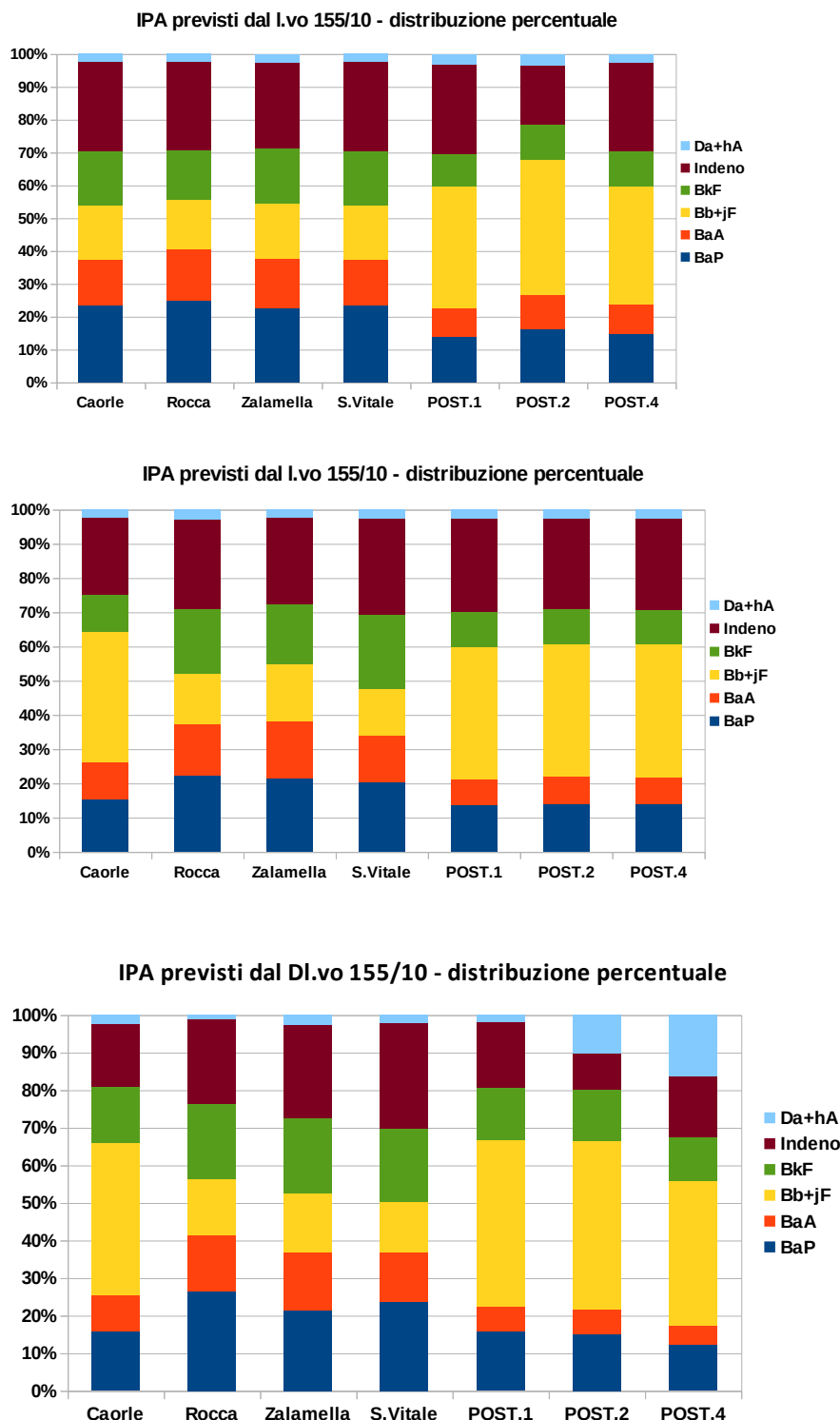


Figura 14

Concentrazioni di IPA previsti dal D.l.vo 155/2010 rilevate nelle stazioni della RRQA e all'interno del comparto – medie 2018 - 2020



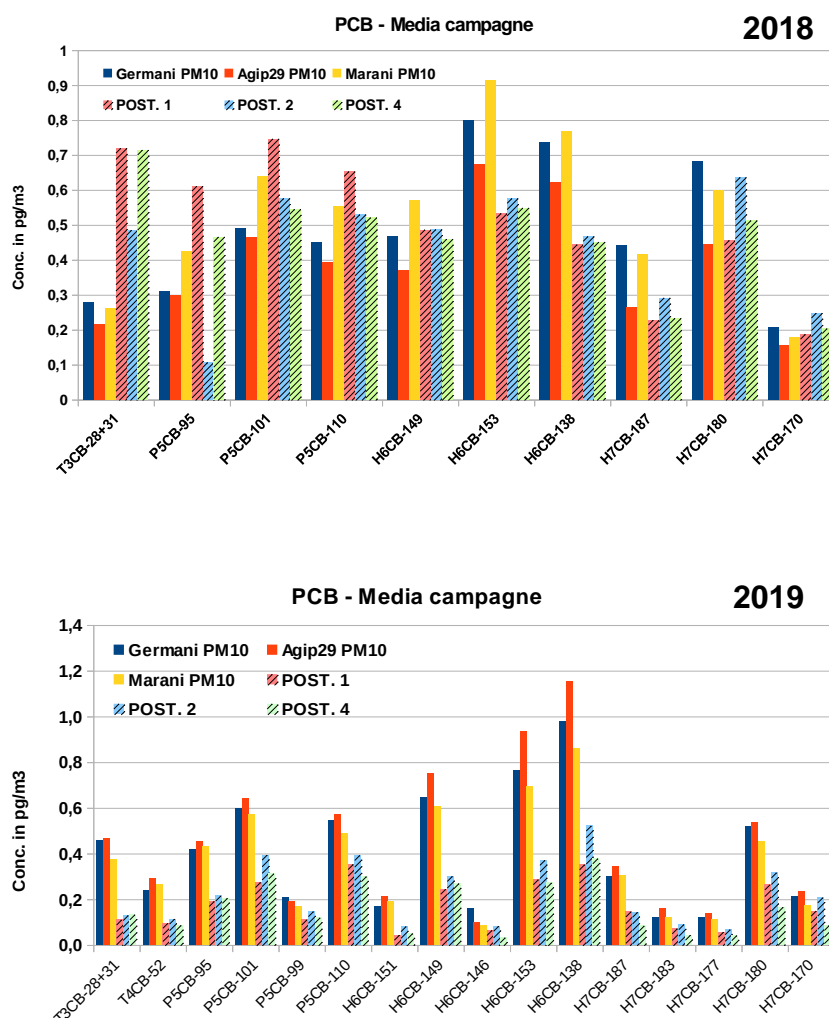
## **Policlorobifenili (PCB), Diossine (PCDD) e Furani (PCDF)**

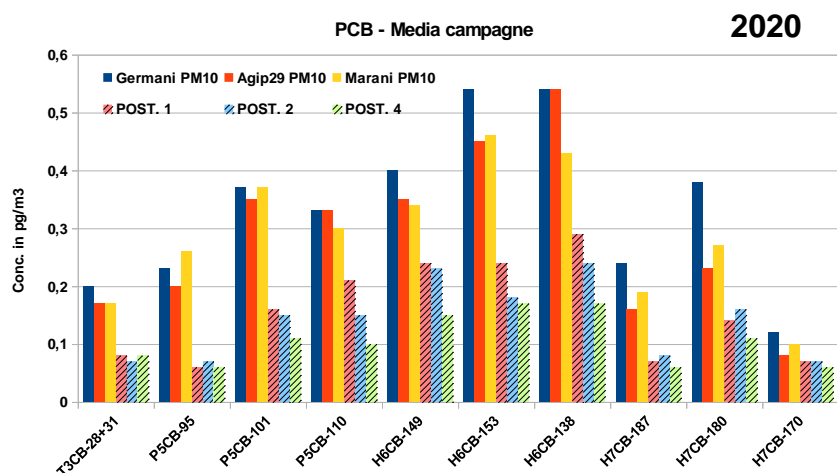
Per quanto riguarda i **PCB**, in tabella 12 sono riportate, oltre ad alcuni dati di bibliografia e di riferimento (EPA), le medie (in ng/m<sup>3</sup>) annue delle concentrazioni di PCB in aria nel comparto (adsorbite sul particolato PM10) e la media nel triennio 2018 ÷ 2020.

pubblicazioni estere (Bermuda, Great Lakes, Indiana)		0,04 ÷ 8 (ng/m <sup>3</sup> )		
indagini area industriale di Ravenna dal 1996 al 1999		0,03 ÷ 0,3 (ng/m <sup>3</sup> )		
livello obiettivo di risanamento EPA		0,87 (ng/m <sup>3</sup> )		
Concentrazioni PCB rilevate nel comparto (ng/m <sup>3</sup> )	2018	2019	2020	Media triennio
<b>Postazione 1</b>	0,004	0,003	0,002	0,003
<b>Postazione 2</b>	0,003	0,004	0,002	0,003
<b>Postazione 4</b>	0,003	0,003	0,001	0,002
<b>Media postazioni</b>	0,003	0,003	0,002	0,003

**Tabella 12 – Valori di riferimento, dati di bibliografia e risultati delle misure di PCB in aria ambiente**

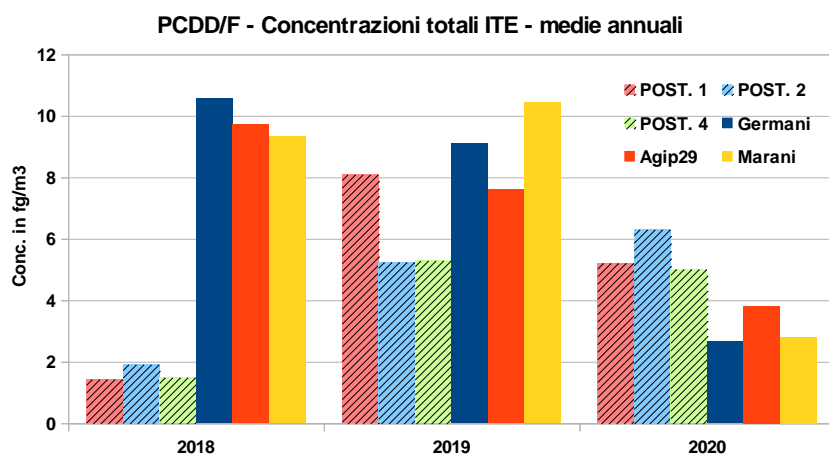
In figura 15, le concentrazioni medie (in pg/m<sup>3</sup>) dei 10 composti PCB più abbondanti sono confrontate con le medie annuali rilevate in tre stazioni della rete privata (Marani, Germani e Agip29) interessate dalle ricadute della zona industriale: i PCB nelle postazioni del comparto sono generalmente inferiori rispetto a quelli rilevati nelle stazioni dell'area industriale e ai dati di bibliografia; in particolare negli ultimi due anni (2019 e 2020) le concentrazioni nel comparto sono decisamente inferiori rispetto alla rete.





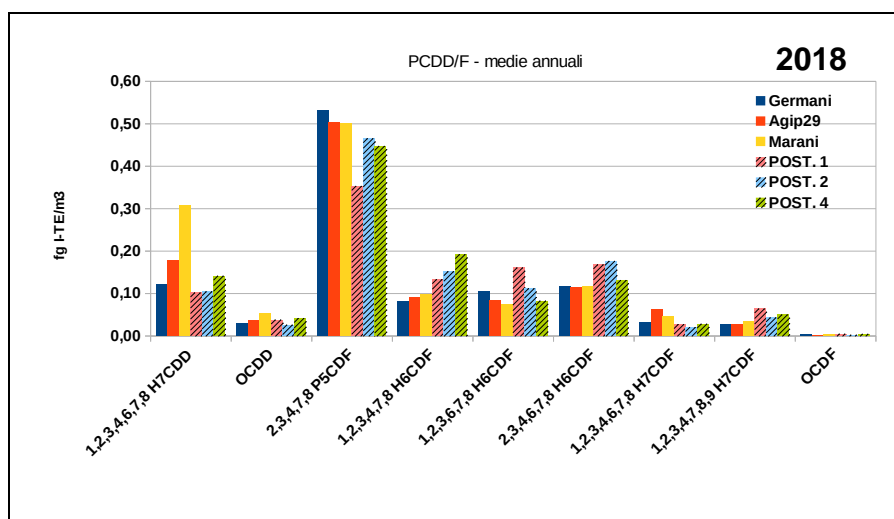
**Figura 15 – Medie annuali di alcuni PCB nelle postazioni del comparto e nelle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria della rete privata industriale- 2018 ÷ 2020**

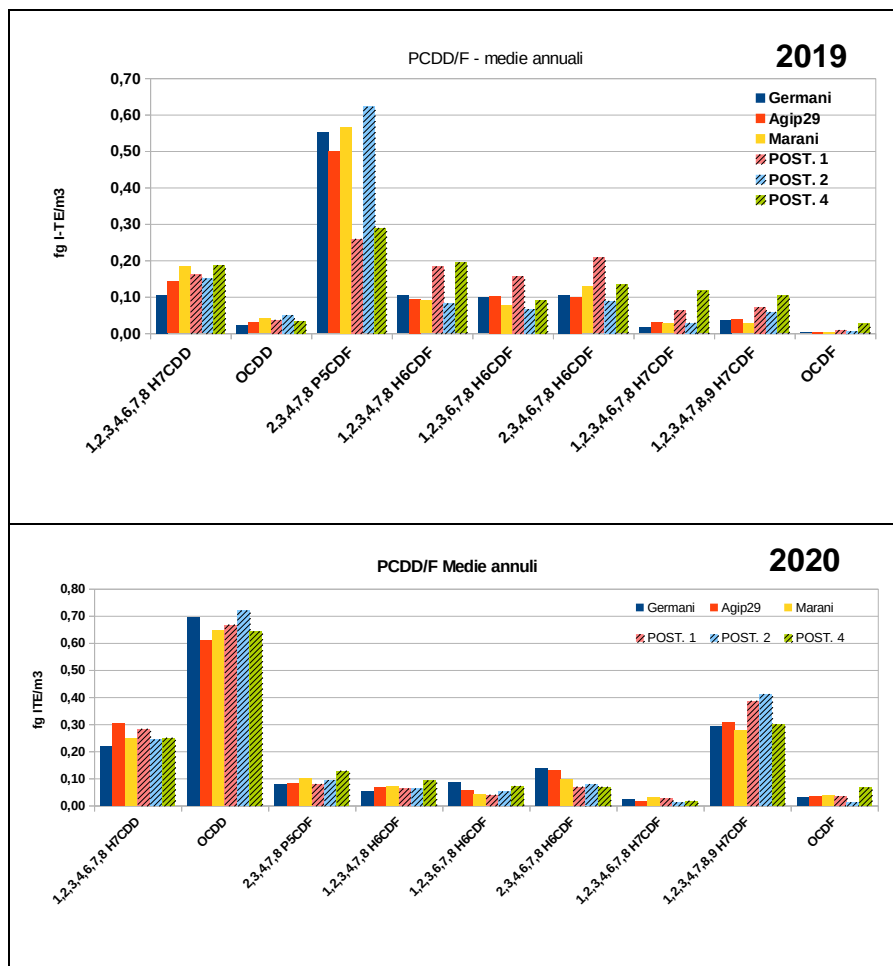
In figura 16 sono riportate le concentrazioni totali ITE della famiglia delle diossine (PCDD) e dei furani (PCDF), calcolate moltiplicando ciascun congenere per il relativo fattore di tossicità (ITE), rilevate nelle postazioni del comparto e nelle stazioni della rete privata industriale nei tre anni.



**Figura 16 – Concentrazioni ITE di PCDD e PCDF totali nelle postazioni del comparto e nelle stazioni della rete privata industriale**

La figura 17, invece, riporta l'istogramma delle concentrazioni medie relative ai 10 composti della famiglia PCDD-PCDF quantitativamente più abbondanti.





**Figura 17 – Medie annuali di alcuni PCDD e PCDF nelle postazioni del comparto e nelle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria della rete privata industriale – 2018 ÷ 2020**

Le medie del comparto e quelle rilevate nelle tre stazioni della rete privata industriale (Germani, Agip29, Marani) hanno trend discordanti: mentre nelle stazioni della rete industriale si rileva un trend in diminuzione dal 2018 al 2020, all'interno del comparto le concentrazioni rilevate nel 2019 e 2020 sono aumentate rispetto al 2018. Occorre però sottolineare che i dati di concentrazione sono in femto grammi /m<sup>3</sup>, cioè 1 milionesimo di nanogrammo in un metro cubo d'aria; si tratta di concentrazioni talmente basse che le fluttuazioni rilevate non possono essere indicative di situazioni anormale. Inoltre, in tutte le elaborazioni cautelativamente le concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono state considerate pari al limite stesso: in questo modo è stato associato un dato di concentrazione (pari al limite di rilevabilità) anche quando il composto è risultato sistematicamente non rilevabile.

In generale si può osservare come tendenzialmente nelle singole annualità i rapporti fra i singoli composti e la somma rimangono costanti, sia nei campioni prelevati al comparto che presso le stazioni di monitoraggio; nel 2018 e 2019 il congenere più abbondante è risultato essere il 2,3,4,7,8P5CDF mentre nel 2020 sono risultati più abbondanti il 1,2,3,4,7,8 H6CDD e OCDD.

### 4.2.3 - Deposizioni totali (bulk)

Gli inquinanti emessi in aria, durante la loro dispersione, subiscono processi che determinano sia l'innescio di trasformazioni chimiche dovute alla presenza contemporanea di sostanze capaci di reagire (processi di reattività chimica) sia l'impoverimento del plume ed il 'trasferimento' delle sostanze inquinanti al suolo (processi di deposizione):

Nei processi di deposizione si distingue fra:

- o Deposizione Secca → Meccanismo sempre presente che elimina una parte dell'inquinante presente in aria e lo trasferisce al suolo, senza intervento dell'acqua presente in atmosfera;
- o Deposizione umida → Meccanismo di eliminazione causato dall'azione delle acque meteoriche che catturano le particelle e lo depongono al suolo.

L'entità della deposizione dipende:

- dal livello di turbolenza atmosferica (maggiore è il livello di turbolenza, maggiore è la quantità di inquinante portato al suolo e maggiore è la probabilità che venga a questo trasferito),
- dalle proprietà fisico-chimiche dell'inquinante: la reattività chimica e la solubilità degli inquinanti gassosi, oppure la densità e le dimensioni del particolato atmosferico, la natura della superficie, ecc... La struttura della superficie può ostacolare l'adsorbimento di certi gas e può impedire il 'rimbalzo' delle particelle solide.

Sia per i gas sia per la deposizione di particolato, il flusso (F) di particolato al suolo è proporzionale alla sua concentrazione in aria (C(z)) secondo la relazione:

$$F = V_d \cdot C(z)$$

dove  $V_d$  è la velocità di deposizione.

Nello studio dei fenomeni di deposizione, si assume che il particolato:

- abbia una velocità di sedimentazione gravitazionale propria (proporzionale alla propria densità e alle sue dimensioni);
- non interagisca con la vegetazione;
- possieda la medesima resistenza aerodinamica dei gas.

Allora si può avere una stima delle sostanze che si depositano al suolo analizzando campioni di acqua piovana raccolti mediante *bulk*.

Con questa finalità sono stati collocati all'interno del comparto 6 bulk in vetro silanizzato (per la ricerca di IPA, PCB e diossine) e 6 bulk in polietilene (PE) per la ricerca dei metalli.

Le postazioni di campionamento sono riportate nella mappa di figura 2.

I campioni raccolti mensilmente nelle 6 postazioni sono stati riuniti in laboratorio per le successive analisi, accorpono quanto raccolto nelle postazioni 1-6, 2-4 e 3-5.

I tre campioni così riuniti sono stati ulteriormente raggruppati in modo da ottenere tre campioni (1-6, 2-4, 3-5) per quattro trimestri: gennaio-marzo, aprile-giugno, luglio-settembre e ottobre-dicembre.

### Metalli

In tabella 13 sono riportate le deposizioni totali (in  $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ ) minime e massime di metalli rilevate nelle 3 postazioni e le medie del periodo di monitoraggio (in tabella non sono riportati i dati di Argento perché sempre inferiori al limite di rilevabilità).

Questi valori possono essere confrontati con quelli di tabella 14 che riporta i limiti della normativa tedesca (TA LUFT 24/07/02) per le deposizioni totali di alcuni metalli, espressi come flussi giornalieri mediati durante l'anno, e valori di bibliografia espressi come range di variabilità in diversi contesti territoriali (aree rurali, aree urbane, aree industriali).

	Range di variabilità (min – max)			Media del periodo		
Deposiz. $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{day}$	Post. 1-6	Post. 2-4	Post. 3-5	Post. 1-6	Post. 2-4	Post. 3-5
<b>2018</b>						
<b>Pb</b>	0,1 – 1,3	0,5 – 3,5	0,5 – 2,9	0,6	1,6	1,7
<b>Cd</b>	0,1 – 1,0	0,2 – 0,6	0,2 – 1,1	0,4	0,4	0,5
<b>Cr</b>	0,3 – 1,9	0,7 – 7,2	0,7 – 5,4	0,7	2,5	2,0
<b>Ni</b>	0,6 – 3,3	0,7 – 7,3	1,0 – 6,4	1,4	2,8	2,8
<b>V</b>	0,7 – 2,4	0,6 – 2,4	0,7 – 2,5	1,3	1,5	1,6
<b>As</b>	0,2 – 0,4	0,3 – 0,5	0,2 – 1,1	0,0	0,0	0,0
<b>2019</b>						
<b>Pb</b>	0,4 – 1,2	0,2 – 1,7	0,6 – 6,9	0,8	0,9	2,7
<b>Cd</b>	0,1 – 1,3	0,1 – 1,0	0,1 – 0,8	0,4	0,4	0,5
<b>Cr</b>	0,7 – 1,7	0,7 – 2,2	0,7 – 4,0	1,1	1,3	2,5
<b>Ni</b>	0,2 – 1,7	0,1 – 1,6	0,1 – 2,4	1,1	1,1	1,7
<b>V</b>	0,9 – 3,8	0,6 – 3,1	0,7 – 3,6	1,7	1,3	1,6
<b>As</b>	0,1 – 0,6	0,1 – 0,6	0,3 – 1,0	0,3	0,3	0,5
<b>2020</b>						
<b>Pb</b>	0,2 – 0,3	0,4 – 1,4	0,3 – 2,1	0,3	0,7	1,0
<b>Cd</b>	0,2 – 3,5	0,3 – 2,5	0,3 – 1,9	1,2	1,0	0,8
<b>Cr</b>	0,2 – 0,7	0,5 – 1,0	0,5 – 0,8	0,4	0,7	0,7
<b>Ni</b>	0,3 – 0,8	0,7 – 1,7	0,6 – 1,2	0,6	1,2	0,9
<b>V</b>	0,1 – 0,6	0,3 – 0,5	0,3 – 0,7	0,4	0,4	0,4
<b>As</b>	0,2 – 0,2	0,1 – 0,2	0,1 – 0,3	0,0	0,0	0,0

**Tabella 13 – Metalli – deposizioni totali – concentrazioni minime - massime e medie annuali rilevate nel triennio 2018 – 2020**

Deposizioni totali	limite Germania ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{day}$ )	aree Rurali ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{day}$ )	aree Urbane ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{day}$ )	aree Industriali ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{day}$ )
<b>Pb</b>	100	3.3 – 10.3 <sup>(2)</sup>	0.4 – 106 <sup>(2)</sup>	--
<b>Cd</b>	2	0.011 – 0.14 <sup>(1)</sup>	0.16 – 0.9 <sup>(1)</sup>	0.12 – 4.6 <sup>(1)</sup>
<b>Cr</b>	--	6.19 <sup>(3)</sup>	--	--
<b>Ni</b>	15	0.03 – 4.3 <sup>(1)</sup>	5 – 11 <sup>(1)</sup>	2.3 – 22 <sup>(1)</sup>
<b>V</b>	--	--	--	--
<b>As</b>	4	0.082 – 0.43 <sup>(1)</sup>	0.22 – 3.4 <sup>(1)</sup>	2.0 – 4.3 <sup>(1)</sup>

(1) Position paper UE "Ambient air pollution by AS, CD and NI compounds"

(2) Francia "Air Pays de la Loire - 2009"

(3) Provincia di Lucca – ISS 2011

**Tabella 14 – Metalli – deposizioni totali –limiti della normativa tedesca e dati bibliografici di riferimento**

Nelle figure che seguono (18 e 19) sono rappresentate le medie annuali misurate nel triennio.

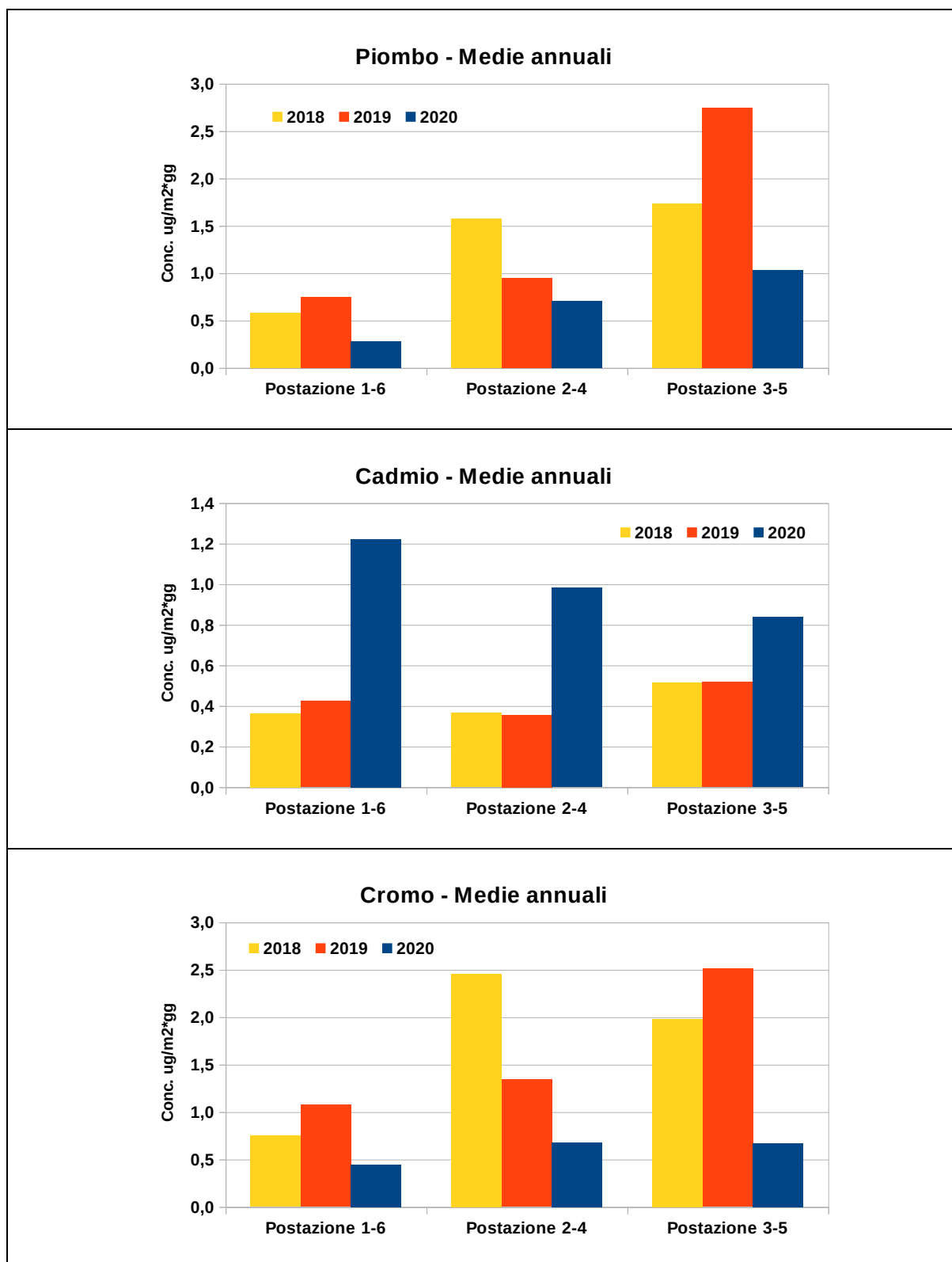
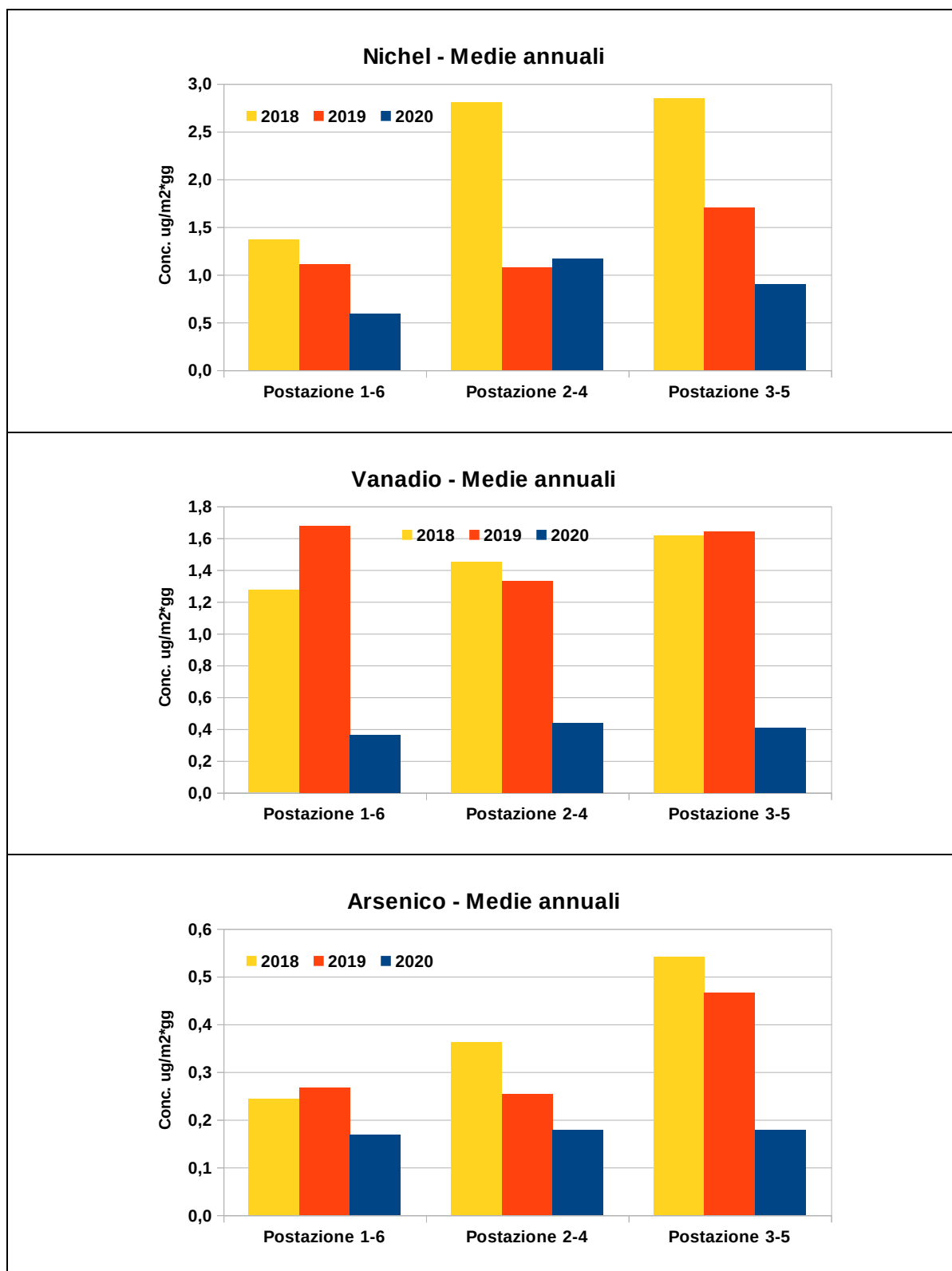


Figura 18 – Medie annuali deposizioni totali del triennio – Piombo, Cadmio, Cromo





**Figura 19 – Medie annuali deposizioni totali del triennio – Nichel, Vanadio, Arsenico**

Dalla rappresentazione grafica si nota che in generale le deposizioni delle postazioni 1+6 (acque piovane raccolte nell'area Nord del comparto), sono inferiori a quelle delle altre due postazioni. In genere i dati maggiori sono stati misurati nel 2018 mentre nel 2020 le concentrazioni sono particolarmente basse.

I range di flusso calcolati sono in linea con quelli tipici di aree industriali riportati nel Position Paper della UE.

### **IPA, Policlorobifenili (PCB), Diossine (PCDD) e Furani (PCDF)**

I flussi di deposizione minimi e massimi misurati nelle tre postazioni e il flusso massimo annuale calcolato a partire dal flusso massimo giornaliero misurato durante il triennio di IPA, PCB e Diossine sono riportati rispettivamente nelle Tabelle 15, 16 e 17.

Il calcolo dei flussi di deposizione consente, in mancanza di una normativa specifica, di effettuare confronti con i dati di bibliografia, in particolare:

- IPA e PCB sono confrontati con i dati della rete SAMANET<sup>3</sup>, rete costituita da deposimetri dislocati lungo la laguna di Venezia per valutare le ricadute della zona industriale di Marghera;
- Diossine (così come per i metalli) con la normativa tedesca (TA LUFT 24/07/02, che prevede dei limiti di flusso delle deposizioni totali giornaliere da non superare, sul territorio nazionale, come media annuale.

		<b>Post. 1-6 (ng/m<sup>2</sup>*day)</b>	<b>Post. 2-4 (ng/m<sup>2</sup>*day)</b>	<b>Post. 3-5 (ng/m<sup>2</sup>*day)</b>	<b>Flusso max an- nuale stimato (µg/m<sup>2</sup>*anno)</b>	<b>Rete SAMANET (µg/m<sup>2</sup>*anno)</b>
<b>2018</b>	<b>BaP</b>	< 0.01 – 7.98	< 0.01 – 17.85	< 0.01 - 30.17	11.04	--
	<b>BaA</b>	0.98 – 10.08	< 0.01 – 24.67	< 0.01 – 34.40	12.59	--
	<b>Bb+jF</b>	2.16 – 32.72	< 0.01 – 60.05	< 0.01 – 106.9	39.15	--
	<b>BkF</b>	< 0.01 – 10.1	< 0.01 -16.89	< 0.01 - 28.93	10.59	--
	<b>Indeno</b>	< 0.01 – 22.2	< 0.01 – 36.08	< 0.01 – 46.48	17.01	--
	<b>Da+hA</b>	< 0.01 – 8.63	< 0.01 – 23.34	< 0.01 – 4.22	8.54	--
	<b>IPA tot</b>	<b>8.9 – 337.5</b>	<b>&lt; 0.01 – 713.6</b>	<b>&lt; 0.01 - 890.1</b>	<b>325.8</b>	<b>59.8 – 362.7</b>
<b>2019</b>	<b>BaP</b>	< 0.01 – 2.24	0.55 – 3.19	< 0.01 – 4.49	1,64	--
	<b>BaA</b>	< 0.01 – 2.91	< 0.01 – 4.39	< 0.01 – 4.74	1,74	--
	<b>Bb+jF</b>	< 0.01 – 8.98	0.67 – 10.09	< 0.01 – 14.67	5,37	--
	<b>BkF</b>	< 0.01 – 2.08	< 0.01 – 3.04	< 0.01 – 3.32	1,21	--
	<b>Indeno</b>	< 0.01 – 6.38	< 0.01 – 7.67	< 0.01 – 9.93	3,64	--
	<b>Da+hA</b>	< 0.01 – 1.72	< 0.01 – 1.47	< 0.01 – 2.68	0,98	--
	<b>IPA tot</b>	<b>5.58 – 78.05</b>	<b>12.92 – 104.6</b>	<b>4.68 – 159.15</b>	<b>58.25</b>	<b>59.8 – 362.7</b>
<b>2020</b>	<b>BaP</b>	< 0.01 – 0.55	< 0.01 – 0.95	< 0.01 – 0.47	0,35	--
	<b>BaA</b>	< 0.01 – 0.79	< 0.01 – 0.41	< 0.01	0,29	--
	<b>Bb+jF</b>	< 0.01 – 1.57	< 0.01 – 1.57	< 0.01 – 0.73	0,57	--
	<b>BkF</b>	< 0.01	< 0.01 – 0.64	< 0.01 – 0.31	0,23	--
	<b>Indeno</b>	< 0.01 – 0.76	< 0.01 – 1.09	< 0.01	0,40	--
	<b>Da+hA</b>	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,00	--
	<b>IPA tot</b>	<b>0.98 – 7.67</b>	<b>1.71 – 20.11</b>	<b>0.64 – 11.46</b>	<b>7,36</b>	<b>59.8 – 362.7</b>

**Tabella 15 – Flussi minimi e massimi giornalieri di IPA nel comparto e flusso massimo annuale stimato – triennio 2018 – 2020**

<sup>3</sup> La rete di **Monitoraggio SAMANET**, realizzata e gestita dalla Sezione Antinquinamento del Magistrato alle Acque (SAMA), consiste in un sistema di stazioni fisse per il monitoraggio in continuo dei principali parametri chimico-fisici delle acque e di una rete di deposimetri dislocati all'interno della laguna di Venezia per il monitoraggio delle deposizioni totali. Questi parametri vengono automaticamente rilevati con frequenza prestabilita e inviati alla stazione di controllo, situata presso la Sezione Antinquinamento del Magistrato alle Acque, per la successiva elaborazione archiviazione e validazione.

<b>PCB tot</b> (ng/m <sup>2</sup> *day)	<b>Post. 1-6</b>	<b>Post. 2-4</b>	<b>Post. 3-5</b>	<b>Flusso max</b> <b>annuale stimato</b> (µg/m <sup>2</sup> *anno)	<b>Rete SAMANET</b> (µg/m <sup>2</sup> *anno)
<b>2018</b>	0.42 – 1.83	1.84 – 4.07	0.70 – 4.87	1.78	0.05 - 2.55
<b>2019</b>	0.43 – 1.32	0.48 – 3.49	0.71 – 3.84	1.40	0.05 - 2.55
<b>2020</b>	0.25 – 0.56	0.27 – 1.23	0.17 – 0.58	0.45	0.05 - 2.55

**Tabella 16 – Flussi minimi e massimi giornalieri di PCB nel comparto e flusso massimo annuale stimato – triennio 2018 - 2020**

<b>PCDD/F</b> (pg ITE/m <sup>2</sup> *day)	<b>Post. 1-6</b>	<b>Post. 2-4</b>	<b>Post. 3-5</b>	<b>Linee guida Germania</b> (pg ITE/m <sup>2</sup> *day)
<b>2018</b>	0.30 – 5.93	0.27 – 1.65	0.28 – 6.92	4
<b>2019</b>	0.27 – 0.45	0.28 – 3.87	0.33 – 1.30	4
<b>2020</b>	0.27 – 0.29	0.27 – 0.39	0.27 – 0.38	4

**Tabella 17 – Flussi minimi e massimi giornalieri di PCDD/F nel comparto - triennio 2018 – 2020**

Confrontando il flusso massimo annuale di IPA tot. e di PCB tot. con il dato riportato nell'ultima colonna della rete SAMANET<sup>4</sup>, espresso in µg/m<sup>2</sup>\*anno, si vede come sia gli IPA tot sia i PCB siano progressivamente abbassati nel triennio.

Gli IPA, in particolare, sono passati da valori massimi dello stesso ordine di grandezza del limite superiore del range della rete SAMAMET (dato 2018), a concentrazioni molto al di sotto del limite inferiore (dato 2020).

I flussi stimati di PCB sono invece sempre circa a metà (o meno, nel 2020) del range misurato nella rete SAMANET (0.05 - 2.55 µg/m<sup>2</sup>\*anno).

Infine, il flusso massimo giornaliero di Diossine e Furani stimato all'interno del comparto è generalmente inferiore al valore limite (flusso giornaliero) delle linee guida tedesche, a parte nel 2018 quando, in alcune postazioni, è stato superato.

Si sottolinea che per questi inquinanti i dati in bibliografia, con cui confrontare i risultati dei monitoraggi nel comparto, sono scarsi e non consentono comparazioni significative. Risulta quindi utile proseguire nel monitoraggio per realizzare una storicità locale e verificare eventuali trend.

<sup>4</sup> La rete di **Monitoraggio SAMANET**, realizzata e gestita dalla Sezione Antinquinamento del Magistrato alle Acque (SAMA), consiste in un sistema di stazioni fisse per il monitoraggio in continuo dei principali parametri chimico-fisici delle acque e di una rete di deposimetri dislocati all'interno della laguna di Venezia per il monitoraggio delle deposizioni totali. Questi parametri vengono automaticamente rilevati con frequenza prestabilita e inviati alla stazione di controllo, situata presso la Sezione Antinquinamento del Magistrato alle Acque, per la successiva elaborazione archiviazione e validazione.

### 4.3 Fibre di amianto

Per le fibre aerodisperse in ambiente, a livello nazionale, può essere preso come riferimento il DM 6/09/1994 che indica, per gli ambienti di vita (indoor), il valore guida di 2 ff/l e il valore di attenzione di 0.2 ff/l (al superamento del quale vengono richiesti interventi di bonifica).

In uno studio del 2000 relativo al rischio ed alle misure in aria di fibre di amianto, il WHO riporta i seguenti livelli di concentrazione:

- o Aree rurali (outdoors - lontano da sorgenti di emissione di amianto): < 0.1 ff/l;
- o Aree urbane (outdoors) - livelli generalmente variabili tra < 0.1 ff/l e 1 ff/l;
- o In fabbricati senza sorgenti specifiche di amianto – generalmente < 1 ff/l.

Nell'ambito del monitoraggio del comparto, nel 2018 e 2019, sono stati eseguiti campionamenti per la ricerca di fibre di amianto disperse in aria ambiente. I campionamenti, effettuati presso il piazzale adibito allo stoccaggio temporaneo di MCA (figura 20), hanno dato tutti esito negativo, confermando quanto già rilevato nel triennio 2015 - 2017.



**Figura 20 – Postazione per il campionamento dell'amianto**

Come risulta anche dai rapporti di prova, in tutti i campioni, ad eccezione di uno eseguito nel 2016, il numero di fibre è inferiore alla soglia di rilevabilità del metodo. L'unica lettura con un dato sopra soglia di rilevabilità è quella del campione prelevato il 13 luglio 2016 (verbale di prelievo N° 198/2016 e rapporto di prova N° 201638966), che ha fornito un valore pari a 3 ff/mm<sup>2</sup> che corrisponde – tenendo conto del diametro del filtro (20 mm) e del volume campionato (1.95 Nm<sup>3</sup>) – ad una concentrazione in aria di fibre di amianto di 0.5 ff/l.

Visto il dato rassicurante ed il mancato conferimento di materiale nel piazzale a tutto il 2020, si ritiene di poter sospendere questo tipo di monitoraggio per il triennio 2021 – 2023.

## 5. Indicatori di bioaccumulo

Il monitoraggio ambientale descritto è volto a valutare l'acqua e l'aria in quanto possibili bersagli dell'impatto della discarica.

Per ottenere una migliore conoscenza del quadro ambientale, comprendendo anche l'interazione tra l'impianto e gli organismi di flora e fauna che vivono nei dintorni, sono stati valutati alcuni indicatori di bio-accumulo (elementi vegetali ed animali) che hanno la capacità di fissare e concentrare gli eventuali inquinanti dispersi. Analizzando alcuni elementi vegetali ed animali si può tentare di evidenziare l'entità del bio-accumulo di sostanze scelte come traccianti (metalli e PCB).

In particolare, nei mesi fra giugno e luglio di ogni anno sono stati prelevati 2 campioni vegetali (pesche e grano) in due aziende agricole di S. Romualdo, quindi esposte a ricadute provenienti dagli impianti in esame (figura 20), e due campioni vegetali presso un'azienda agricola di Conselice, da considerarsi come non esposta a ricadute (bianco).

Nel 2018 e 2019, con cadenza annuale, sono stati prelevati a S.Alberto (figura 21) anche tre campioni di origine animale (latte di pecora) in periodi diversi dell'anno e a Pisignano due campioni di controllo di latte di pecora (bianco), il 02/05/2018 e il 07/03/2019.

Nel 2020 non è stato invece possibile prelevare campioni di origine animale per mancanza di disponibilità, da parte dell'azienda di S.Alberto, a fornire il latte.

Sui campioni e sui bianchi è stato eseguito il controllo analitico di Piombo, Cadmio, Nichel, Mercurio, Rame, Arsenico e Cromo totale e di PCB.



Fig. 21 - Punti di campionamento degli indicatori di bioaccumulo.



Nella preparazione dei campioni per l'analisi, la frutta (pesche) è stata lavata, per evitare interferenze macroscopiche derivanti dalla composizione massiva del pulviscolo atmosferico depositato sulla buccia. Per la ricerca dei metalli, buccia e polpa sono state divise ed analizzate separatamente, per evidenziare un eventuale effetto barriera della buccia, mentre i PCB sono stati ricercati sul prodotto totale (buccia più polpa).

Più difficile è stata la gestione dei campioni di origine animale: infatti per una corretta rappresentatività dell'ambiente di vita, il latte deve provenire da un allevamento che faccia uso di foraggi raccolti in zone prospicienti la discarica. Un'azienda con queste caratteristiche si trova a S.Alberto ed è un allevamento di pecore alimentate a pascolo. Il "bianco" del latte di pecora proviene da un allevamento che utilizza foraggi di zone non sottoposte alla influenza della discarica (Pisignano).

Nelle tabelle 18 - 20 sono riportati tutti gli esiti analitici dei parametri ricercati sulle matrici alimentari, confrontati con il rispettivo campione "bianco". I risultati delle analisi sono tranquillizzanti, con valori assolutamente sovrapponibili fra campioni e bianco.

Le concentrazioni dei metalli relativamente più abbondanti (Piombo, Cromo, Nichel e Rame), sono riportate negli istogrammi (figure 22 e 23) riassuntivi dei dati misurati nel triennio sulle diverse matrici.

Matrice		Pb	Cd	Cr	Ni	Cu	Hg	As	PCB	
		mg/kg							WHO-TE pg/g	
Grano		Campione	0.38	0.03	< 0.01	0.3	5	< 0.003	< 0.01	n.c.
		Bianco	0.01	0.02	0.04	0.3	6.4	< 0.003	0.01	n.c.
Pesche	Buccia	Campione	0.01	< 0.01	< 0.01	0.05	0.8	< 0.003	< 0.01	n.c.
		Bianco	< 0.01	0.09	< 0.01	0.06	2.8	< 0.003	< 0.01	
	Polpa	Campione	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.08	0.7	< 0.003	< 0.01	
		Bianco	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.04	1.0	< 0.003	< 0.01	
Latte		Cam. 09/08	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.02	0.2	< 0.003	< 0.01	0.026
		Cam.24/09	0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	0.1	< 0.003	< 0.01	0.011
		Cam.29/11	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.2	< 0.003	< 0.01	0.33
		Bianco 02/05/18	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	0.5	< 0.003	< 0.01	0.014

Tab. 18 - Contenuto in metalli pesanti (mg/Kg) e fattore di tossicità WHO-TE per i PCB (pg/g) negli indicatori di bioaccumulo – 2018

Matrice		Pb	Cd	Cr	Ni	Cu	Hg	As	PCB	
		mg/kg							WHO-TE pg/g	
Grano		Campione	0.07	0.06	0.48	0.61	10.0	0.004	0.01	n.c.
		Bianco	0.08	0.06	0.62	0.51	12.4	0.004	0.01	n.c.
Pesche	Buccia	Campione	0.08	0.02	0.04	0.17	1.8	0.005	< 0.01	n.c.
		Bianco	0.07	0.04	0.06	0.11	2.4	0.005	0.01	
	Polpa	Campione	0.07	< 0.01	0.04	0.12	1.3	0.003	0.01	
		Bianco	0.07	< 0.01	0.12	0.1	1.9	0.005	0.01	
Latte		Cam. 03/07	0.09	< 0.01	0.04	0.05	0.56	0.005	0.01	0.1
		Cam.04/09	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	0.36	< 0.003	< 0.01	n.c.
		Cam.25/11	< 0.01	< 0.01	0.09	0.04	0.16	< 0.003	< 0.01	n.c.
		Bianco 07/03	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.4	< 0.003	< 0.01	0.04

Tab. 19 - Contenuto in metalli pesanti (mg/Kg) e fattore di tossicità WHO-TE per i PCB (pg/g) negli indicatori di bioaccumulo – 2019



Matrice		Pb	Cd	Cr	Ni	Cu	Hg	As	PCB
		mg/kg							WHO-TE pg/g
Grano	Campione	0.008	0.008	0.35	0.60	5.5	< 0.003	0.007	n.c.
	Bianco	0.043	0.023	0.78	0.71	7.9	< 0.003	0.022	n.c.
Pesche	Buccia	Campione	< 0.001	0.011	0.14	2.0	0.35	0.001	n.c.
		Bianco	0.005	0.001	0.041	0.13	< 0.003	< 0.002	
	Polpa	Campione	< 0.001	0.018	0.16	1.7	0.006	< 0.001	
		Bianco	< 0.001	< 0.001	0.04	0.10	< 0.003	< 0.001	

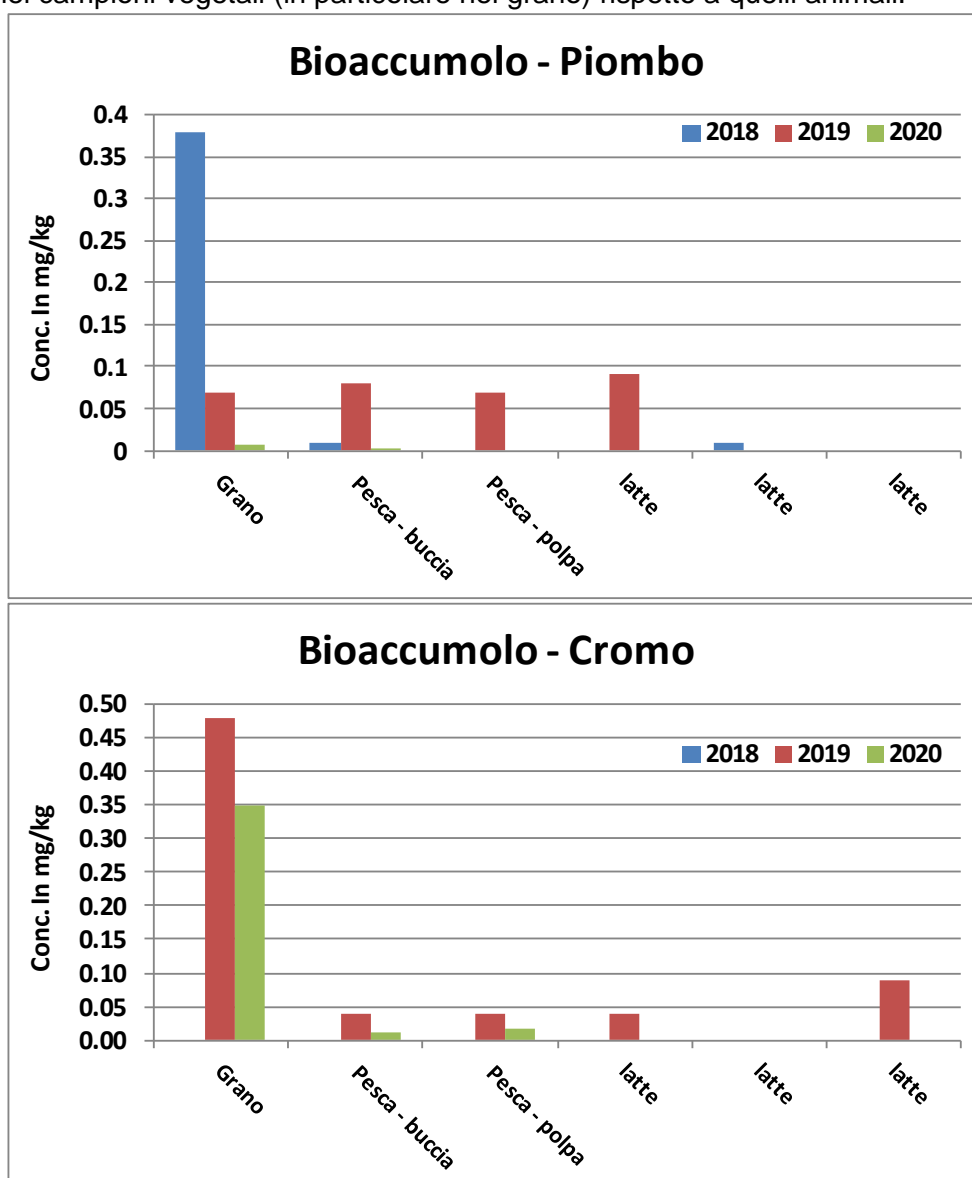
**Tab. 20 - Contenuto in metalli pesanti (mg/Kg) e fattore di tossicità WHO-TE per i PCB (pg/g) negli indicatori di bioaccumulo – 2020**

I PCB ricercati sono i congeneri indicati, sia dalla Autorità europea per la sicurezza ambientale (EFSA) sia dall'Istituto Superiore di Sanità, quali indicatori di contaminazione ambientale.

Nella tabella è riportata solamente la loro somma; i singoli valori sono nei rapporti di prova.

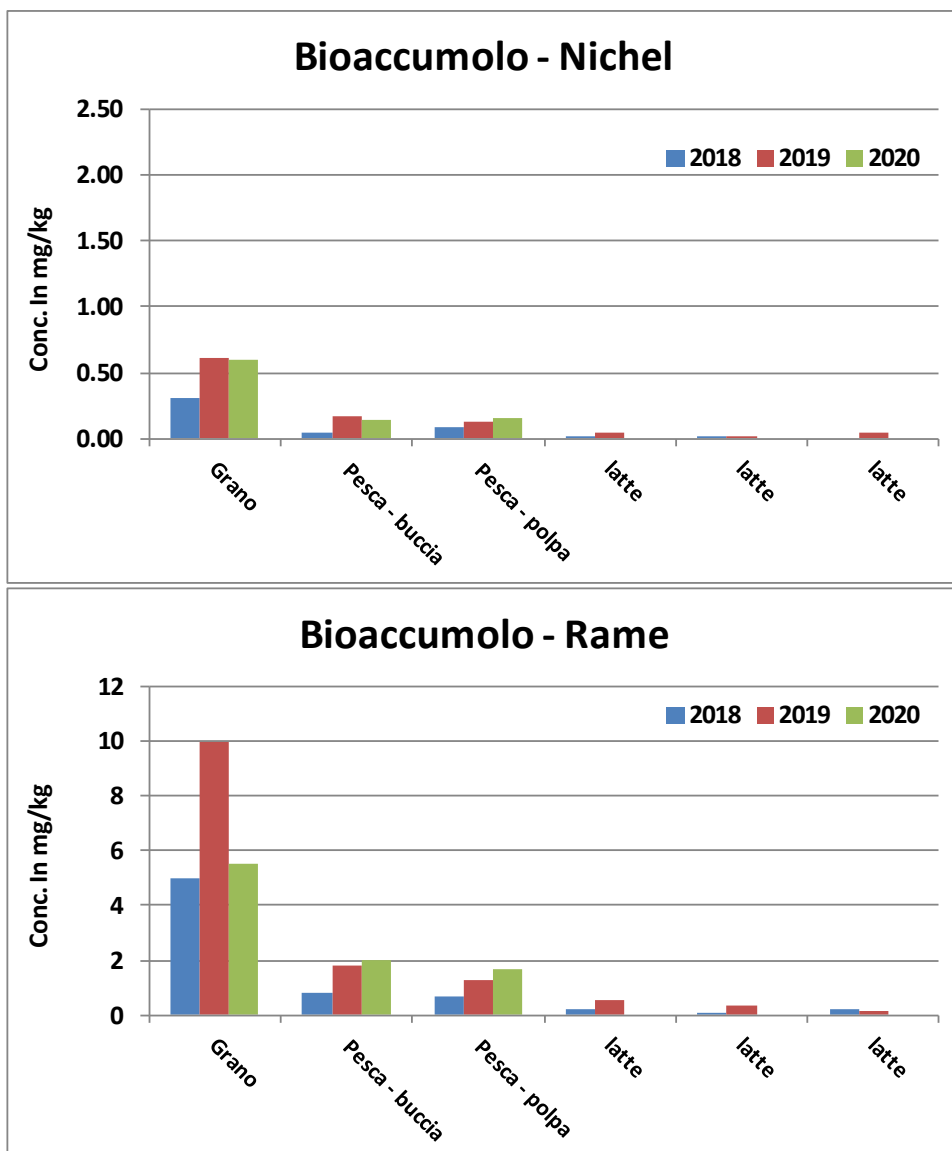
I PCB nelle matrici vegetali (pesche e grano) sono sempre inferiori al limite di rilevabilità strumentale, mentre nel latte i valori misurati, pur rimanendo di poco superiori al limite di rilevabilità, consentono il calcolo del fattore di tossicità, riportato nelle tabelle 18 - 20.

Cadmio, Mercurio e Arsenico sono sempre inferiori al limite di rilevabilità strumentale per tutte le matrici (per cui non si riportano grafici); Piombo, Cromo, Nichel e Rame sono generalmente maggiori nei campioni vegetali (in particolare nel grano) rispetto a quelli animali.



**Fig. 22**

**Piombo e Cromo  
nelle diverse  
matrici  
considerate nel  
triennio**



**Fig. 23**

**Nichel e Rame  
nelle diverse  
matrici considerate  
nel triennio**

## 6. Emissioni odorigene

Nel triennio 2018 – 2020 l'attività di monitoraggio dell'impatto olfattivo, iniziata nel triennio precedente, è proseguita con la caratterizzazione delle sorgenti di tipo diffuso del comparto e la valutazione del loro impatto nel territorio circostante utilizzando un naso elettronico.

Le analisi olfattometriche, l'addestramento del naso elettronico, il suo posizionamento e l'estrazione dei dati acquisiti dallo strumento sono state effettuate con la collaborazione del Laboratorio di Olfattometria Dinamica di Arpae - Modena.

Il cronoprogramma delle attività svolte per la caratterizzazione odorigena, nel triennio di validità del protocollo, è il seguente:

- **2018:** campionamento, analisi olfattometrica, addestramento del naso elettronico e relativa campagna di monitoraggio;
- **2019:** campionamento, analisi olfattometrica, addestramento del naso elettronico e relativa campagna di monitoraggio;
- **2020:** studio modellistico per la stima della dispersione delle sostanze odorigene per l'anno 2020, analisi dei dati raccolti e predisposizione del report di sintesi dell'attività svolta.

### 6.1 – Caratterizzazione delle sorgenti

Nel comparto sono presenti gli impianti per effettuare l'intero ciclo di trattamento dei rifiuti liquidi, solidi e fangosi, in particolare (figura 24):

- discarica per rifiuti non pericolosi;
- discarica per rifiuti pericolosi, in fase di gestione post-operativa;
- impianto di produzione di Combustibile Solido Secondario (CSS);
- impianto di termovalorizzazione di CSS (IRE);
- impianto di trattamento chimico-fisico (TCF);
- impianto di disidratazione fanghi (DISIDRAT);
- impianto di produzione di energia elettrica da biogas, prodotto dalla discarica per rifiuti non pericolosi;
- centro di stoccaggio e pretrattamento rifiuti urbani e speciali anche pericolosi.

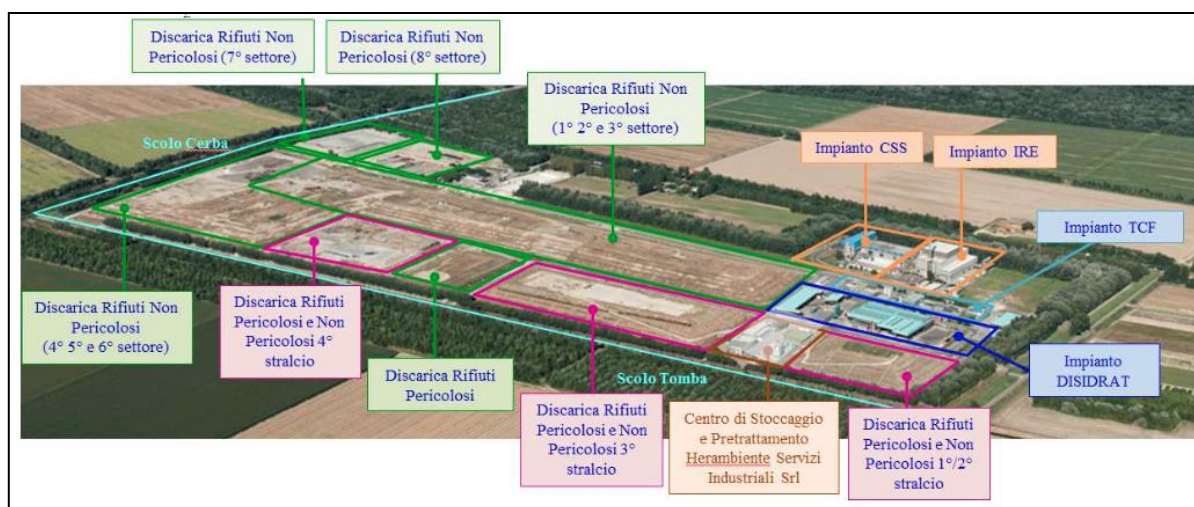


Figura 24: Comparto di Via Romea Nord – impianti per il ciclo di trattamento rifiuti

Nel triennio 2015 – 2017 erano state identificate le principali sorgenti emissive (a carattere diffuso), analizzando il ciclo di processo di ciascun impianto del comparto ed effettuando specifici sopralluoghi. Le principali sorgenti odorigene individuate come potenzialmente critiche e rappresentative dell'intero comparto, sono elencate in tabella 21 e riportate in figura 25.

Nel triennio successivo sono stati eseguiti i campionamenti: nel 2018 in periodo invernale (27 novembre e 4 dicembre) e nel 2019 in periodo estivo (11 e 29 luglio). In particolare, sono state campionate 7 sorgenti nel 2018 e 8 nel 2019 all'interno del comparto, per un totale di 45 campioni (3 per ogni sorgente).

Sono stati prelevati anche due campioni di "aria di fondo" in corrispondenza delle postazioni individuate per il posizionamento del naso elettronico, funzionali all'addestramento del naso stesso.

Le modalità di campionamento differiscono in funzione della tipologia di sorgente: ad esempio, per il pozzetto di percolato (sorgente 4) è stata utilizzata la cappa statica posizionata in corrispondenza del tombino aperto, mentre per le altre sorgenti individuate e costituite da superfici o cumuli con emissione passiva è stata impiegata la wind tunnel (secondo le indicazioni delle linee guida della Regione Lombardia).

1	Discarica NP - area di coltivazione
2	Rifiuto triturato pronto per l'incenerimento (CSS)
3	Cumulo umido area biotunnel
4	Percolato
5	Fanghi palabili – cumulo stoccaggio, ingresso impianto
6	Fanghi palabili – cumulo stoccaggio, uscita impianto
7	Vasca decantaggio fanghi

**Tabella 21: Sorgenti campionate**



**Figura 25: Localizzazione delle sorgenti campionate**

## 6.2- Risultati analisi olfattometriche e stima delle emissioni

Nelle tabelle 21 e 22 sono riportate le concentrazioni di odore misurate durante i monitoraggi effettuati nel 2018 e nel 2019.

	<b>SORGENTE</b>	<b>OU/m<sup>3</sup></b>	<b>INCERTEZZA</b>
1	Discarica NP - area di coltivazione	<b>407</b>	114
2	Rifiuto triturato pronto per l'incenerimento (CSS)	<b>136</b>	38
3	Cumulo umido area Biotunnel	<b>4168</b>	1167
4	Pozzetto Percolato	<b>1146</b>	321
5	Fanghi palabili – cumulo stoccaggio, ingr. impianto	<b>37</b>	10
6	Fanghi palabili – cumulo stoccaggio, uscita impianto	<b>1045</b>	293
7	Vasca decantaggio fanghi	<b>736</b>	206

**Tabella 21: Concentrazioni misurate nel 2018 (periodo invernale)**

	<b>SORGENTE</b>	<b>OU/m<sup>3</sup></b>	<b>INCERTEZZA</b>
1	Discarica NP - area di coltivazione	<b>1069</b>	299
2	Rifiuto triturato pronto per l'incenerimento (CSS)	<b>581</b>	163
3	Cumulo umido area Biotunnel	<b>4262</b>	1193
4	Pozzetto Percolato	<b>516</b>	145
5	Fanghi palabili – cumulo stoccaggio, ingr. impianto	<b>1026</b>	287
6	Fanghi palabili – cumulo stoccaggio, uscita impianto	<b>584</b>	164
6	Fanghi palabili – cumulo movimentato, uscita impianto	<b>101</b>	28
7	Vasca decantaggio fanghi	<b>105</b>	29

**Tabella 22: Concentrazioni misurate nel 2019 (periodo estivo)**

Per passare dalle misure di odore dei campioni prelevati con la wind tunnel alle *emissioni*, da utilizzare come dati di input per la simulazione modellistica (effettuata nel 2020), occorre tener conto che la portata di odore ed il flusso specifico di odore dipendono dalla velocità dell'aria che lambisce la superficie della sorgente e dall'estensione (area) della superficie. Di seguito si riporta il flusso specifico di odore (SOER) e la portata di odore (OER) delle sorgenti campionate ed utilizzate nella simulazione.

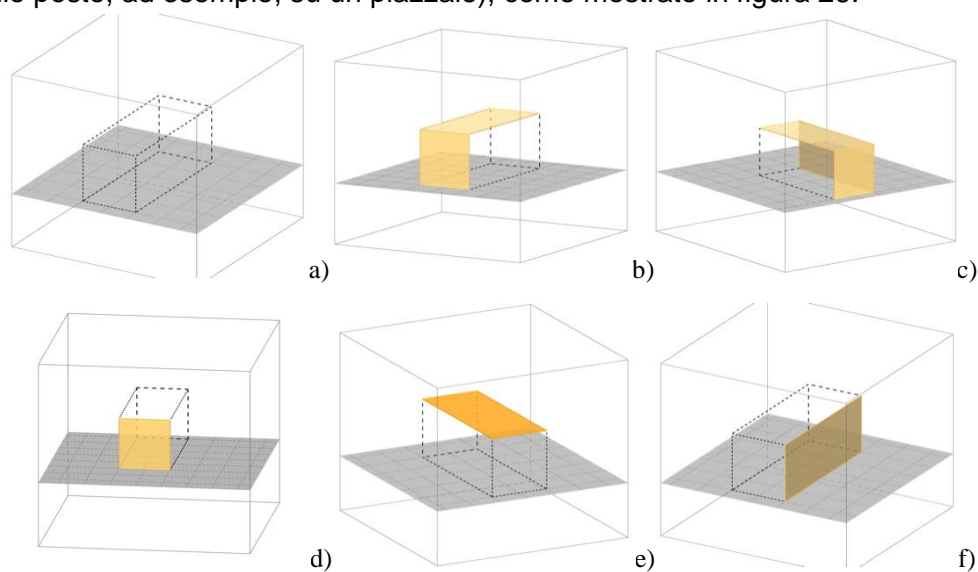
<b>SORGENTE</b>	<b>SOER (OU/(m<sup>2</sup>s))</b>	<b>OER (OU/s)</b>	<b>AREA (m<sup>2</sup>)</b>
Discarica NP - area di coltivazione	5.38	5384	1000
Rifiuto triturato pronto per l'incenerimento (CSS) + impianto CSS	7.68	7103	533 + 924
Cumulo umido area biotunnel	56.38	1345	24
Fanghi palabili – cumulo stoccaggio, ingr. im- pianto	0.21	162	780
Fanghi palabili – cumulo stoccaggio, uscita im- pianto	5.85	6086	1040
Vasca decantaggio fanghi	4.12	3297	800

**Tabella 23: Portata e flusso specifico di odore misurati nel 2018**

SORGENTE	SOER (OU/m <sup>2</sup> /s)	OER (OU/s)	AREA (m <sup>2</sup> )
Discarica NP - area di coltivazione	14.14	14140	1000
Rifiuto triturato pronto per l'incenerimento (CSS) + impianto CSS	7.68	7103	533 + 924
Cumulo umido area biotunnel	56.38	1345	24
Fanghi palabili – cumulo stoccaggio, ingr. impianto	13.68	10607	780
Fanghi palabili – cumulo stoccaggio, uscita impianto	7.79	8098	1040
Vasca decantaggio fanghi	1.40	1120	800

**Tabella 24: Portata e flusso specifico di odore misurati nel 2019**

Per la caratterizzare di alcune sorgenti sono state fatte alcune assunzioni. In particolare i cumuli di stoccaggio di rifiuti (impianto Disidrat e CSS presso IRE), stoccati in capannoni chiusi su 2 o 3 lati, sono stati approssimati a parallelepipedi con una altezza pari all'altezza dei cumuli e superficie emissiva calcolata in base al volume del materiale stoccato, dichiarato dall'azienda. E' stato poi considerato - in base all'ubicazione del cumulo al momento del sopralluogo – quante facce del parallelepipedo emettevano sostanze odorigene, calcolando l'area effettivamente emettente (minore rispetto ad un cumulo posto, ad esempio, su un piazzale), come mostrato in figura 26.



**Figura 26: Approssimazione del cumulo e superfici considerate come emettenti**

Poiché, come si diceva, per le sorgenti areali la portata di odore ed il flusso specifico di odore dipendono dalla velocità dell'aria che lambisce la superficie, nelle simulazioni di dispersione occorre tenere conto della variazione della portata di odore (o, in modo equivalente, del flusso specifico di odore) in funzione della velocità del vento, secondo l'equazione (Linee Guida Reg. Lombardia):

$$OER_S = OER_R \times \left( \frac{V_S}{V_R} \right)^{0,5} \quad \text{dove:}$$

$OER_S$  = portata di odore alla velocità dell'aria  $V_S$

$OER_R$  = portata di odore alla velocità di riferimento  $V_R$  (conosciuta durante il campionamento)

$V_S$  = velocità dell'aria vicino alla superficie emissiva;

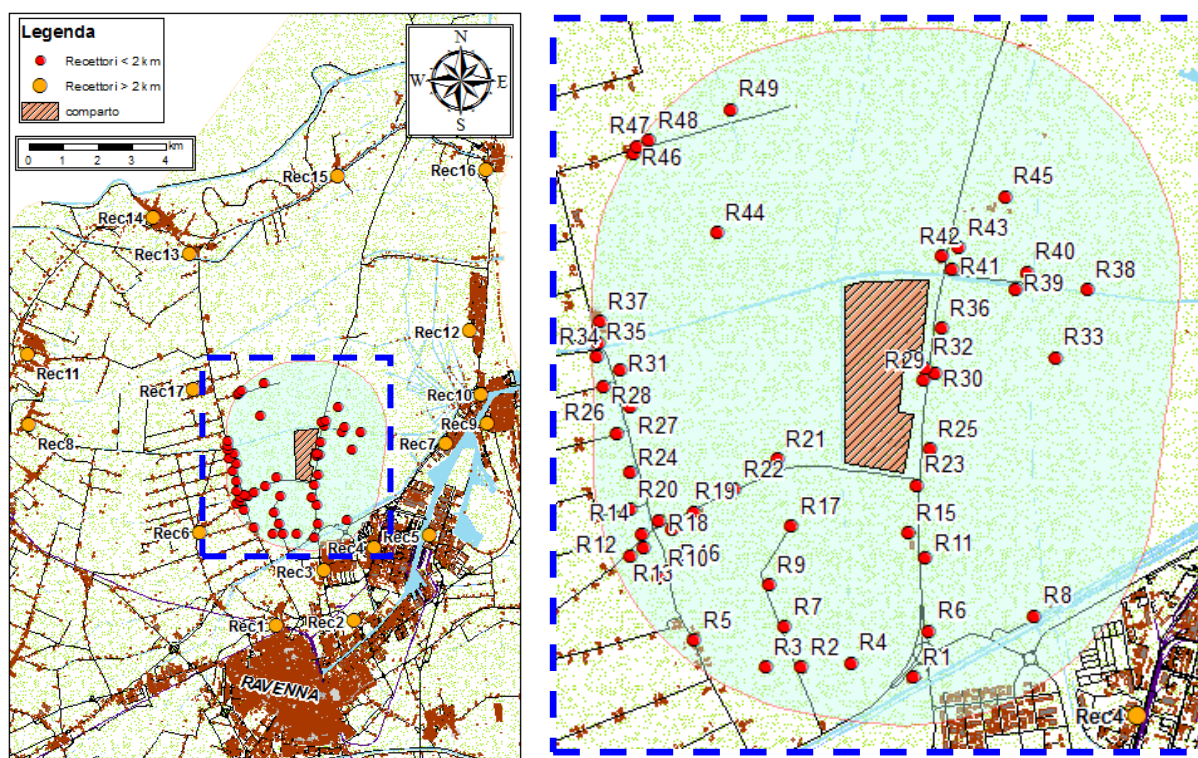
$V_R$  = velocità dell'aria nella camera di ventilazione durante il campionamento



Per la velocità  $V_s$  è stata utilizzata la velocità oraria all'altezza di 10 m, considerata costante lungo il profilo verticale per tutte le sorgenti, comprese le superfici della discarica poste, in realtà, a 18 m di altezza dal livello del suolo. Questa assunzione risulta coerente in quanto, ad esempio, per velocità del vento a 10 m di 2,5 m/s e rugosità di 0,25 (tipica di aree rurali), le velocità del vento fra 10 e 20 m hanno variazioni inferiori al 20%.

### 6.3- Dominio di simulazione e recettori sensibili

Il dominio spaziale della simulazione è un'area rettangolare di dimensioni di 20 km lungo l'asse latitudinale e 18 km lungo quello longitudinale, all'interno del quale sono stati individuati potenziali recettori entro i 2 km dall'impianto (Figura 27).



**Figura 27: Localizzazione di tutti i recettori individuati nell'area di studio (sx) e zoom per i recettori entro i 2 km (dx).**

1. Entro i 2 km dall'impianto sono stati rilevati tutti gli edifici isolati e tutti i gruppi di 2-4 edifici adiacenti;
2. oltre i 2 km dall'impianto sono stati considerati i seguenti agglomerati: San Romualdo, Ravenna Periferia, Zona Industriale Via Edison, Zona Industriale Bassette (una piccola parte rientra entro i 2 Km), Zona Industriale San Vitale, Zona Industriale Piallassa, Sant'Antonio, Zona Industriale Trattaroli, Torri, Marina Di Ravenna, Porto Corsini, Savarna, Marina Romea, Cruser, Sant'Alberto, Mandriole, Casalborsetti.

In totale sono stati individuati 66 recettori.

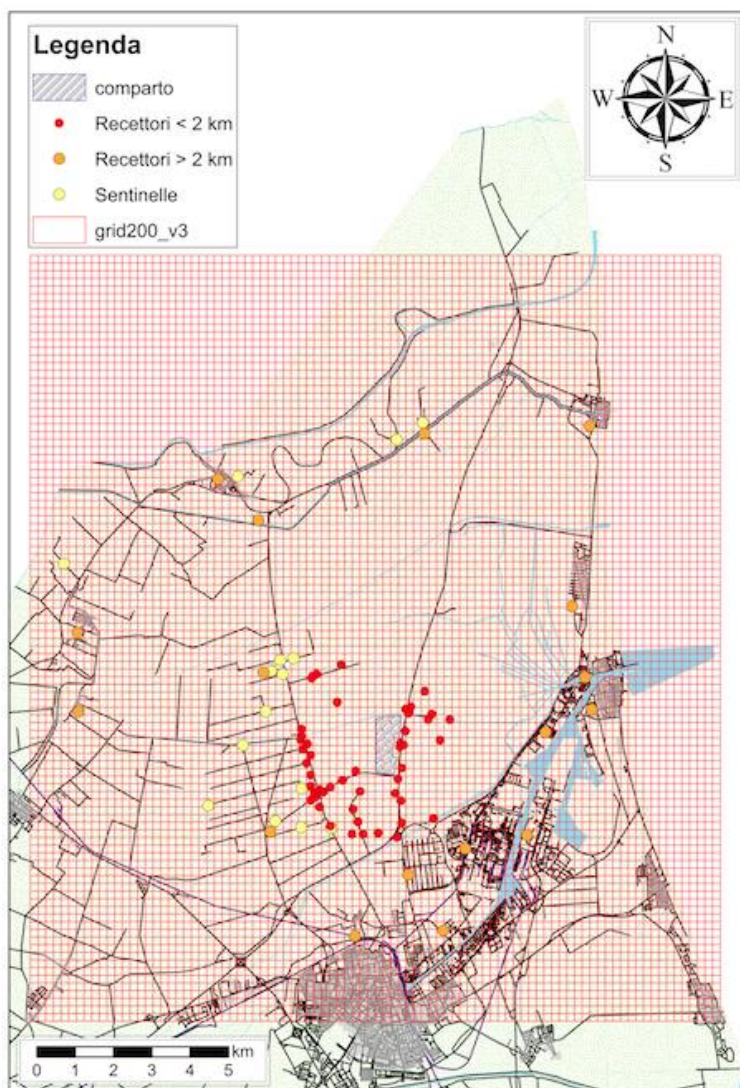
All'interno del dominio è stata costruita la griglia di calcolo, rappresentata in figura 28 e costituita da un quadrato di dimensioni 18x18 km. Il centro della griglia è volutamente decentrato rispetto al comparto per tenere conto della maggior concentrazione di recettori nell'area a sud dell'impianto.

Il passo di griglia è di 200 m.

L'origine del dominio ha coordinate WGS84 UTM 32N X=745,720 km e Y=4922,900 km e coincide con l'angolo SO.

Per quanto riguarda l'orografia, poiché il territorio esaminato risulta sostanzialmente pianeggiante, ai fini della simulazione è stato considerato un terreno piatto.

Nella simulazione effettuata i punti griglia sono a 1,5 m dal suolo (altezza media di percezione dell'odore delle persone in ambiente esterno).



**Figura 28: Rappresentazione della griglia di calcolo, maglia di 200x200m.**

#### **6.4 - Modello di diffusione**

Per la simulazione della diffusione in aria ambiente di sostanze odorigene è stato utilizzato il modello LAPMOD. Si tratta di un modello lagrangiano a particelle, tridimensionale e non stazionario, sviluppato da Enviroware s.r.l, società specializzata nello sviluppo di software ambientale. L'idea di fondo dei modelli lagrangiani è quella di seguire una specifica massa di inquinante nei suoi movimenti in atmosfera. La massa emessa viene quindi divisa in "particelle", ciascuna rappresentativa di una frazione della massa totale emessa dalla sorgente.

Le particelle si spostano in aria per effetto del vento e della turbolenza atmosferica; ad ogni istante la posizione di ciascuna particella nello spazio e nel tempo dipende solo dalla posizione che la stessa occupava al tempo precedente.

La velocità media delle particelle è determinata dalla velocità tridimensionale del fluido (atmosfera); mentre la componente stocastica è data dalla distribuzione delle fluttuazioni della velocità del vento, in accordo con l'equazione di Langevin. La componente orizzontale della turbolenza

è sempre gaussiana, mentre la componente verticale è gaussiana in condizioni stabili e neutre, non gaussiana in condizioni instabili.

Il modello è in grado di gestire e simulare la dispersione di sostanze odorigene utilizzando un apposito modulo che calcola la *concentrazione oraria di picco in modo dinamico* a seconda delle condizioni meteorologiche (senza quindi applicare il fattore costante “pick to mean ratio”, che la DGR/2012 della Lombardia fissa a 2,3).

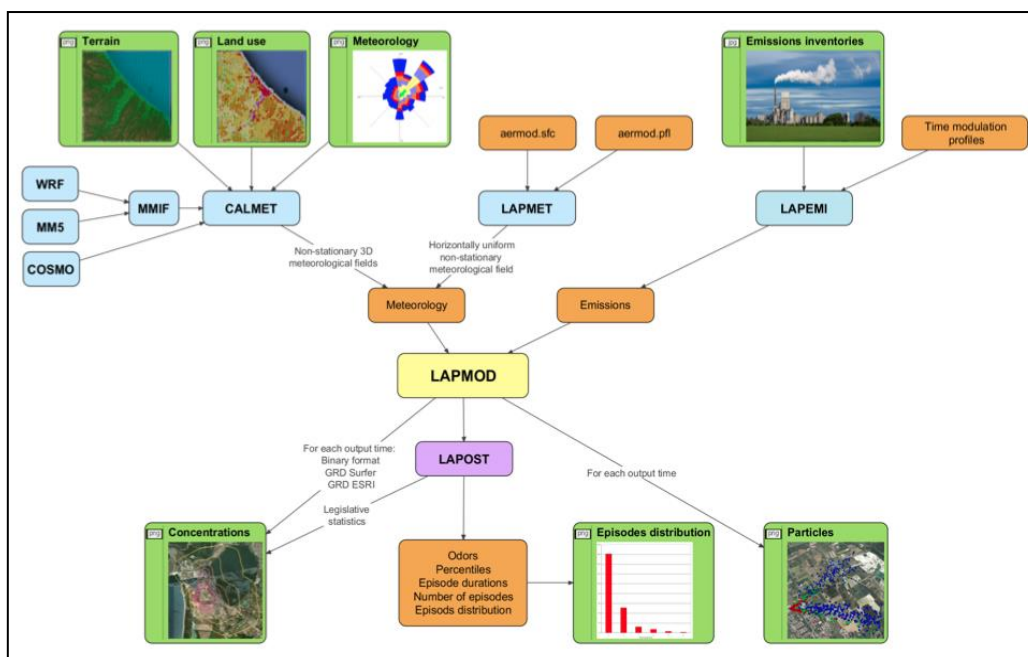
L’input meteorologico al modello consiste in campi tridimensionali di vento e temperatura, e campi bidimensionali di parametri turbolenti quali la lunghezza di Monin Obukhov, la velocità di frizione e l’altezza dello strato di rimescolamento. Questi dati vengono forniti al modello dal pre-processore meteorologico diagnostico CALMET, con il quale LAPMOD è completamente accoppiato (Figura 29).

Anche variabili geofisiche come rugosità e uso del suolo, necessarie al modello per stimare i flussi di deposizione, provengono direttamente da CALMET.

La concentrazione degli inquinanti può essere determinata in corrispondenza dei nodi di una griglia regolare o di specifici recettori definiti dall’utente ed è calcolata a partire dalla posizione delle particelle all’interno del dominio.

I valori di concentrazione degli inquinanti/odore possono essere restituiti con diversi gradi di mediazione utilizzando uno specifico modello matematico di post-processing in grado di estrarre ed elaborare le informazioni richieste a partire dal set di dati “grezzi” di output forniti dal modello lagrangiano.

Relativamente alle sostanze odorigene il post-processore è in grado di restituire direttamente mappe di isoconcentrazione del 98° percentile delle ore di picco di odore.



**Figura 29: Caratteristiche del sistema modellistico LAPMOD.**

Nel triennio di validità del protocollo è stata eseguita una simulazione con i dati meteo 2020 mentre i flussi di odore sono quelli ricavati dalle misure effettuate nel 2018 e 2019, tenendo conto della stagionalità. Così, poiché i flussi invernali sono generalmente inferiori a quelli estivi, cautelativamente per i 3 mesi prettamente invernali (gennaio, febbraio e dicembre) i dati di input sono quelli della campagna 2018 (invernale), mentre per i restanti 9 mesi sono stati utilizzati i dati della campagna 2019.

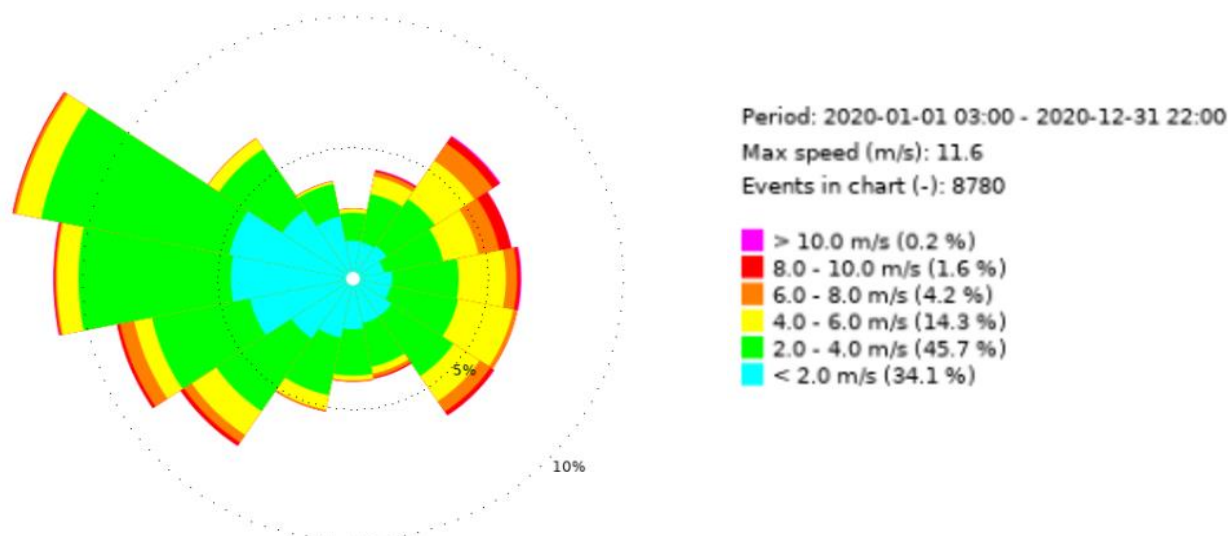


Le informazioni per caratterizzare l'area della discarica a copertura giornaliera e le restanti aree a copertura definitiva, sono state fornite da Hera (come, del resto, nel triennio 2015 – 2017).

I parametri meteorologici in input al modello sono:

- Direzione vento (deg)
- Velocità vento (m/s)
- Temperatura (°C)
- Umidità relativa (%)
- Precipitazione (mm)
- Copertura nuvolosa (frazione)
- Pressione atmosferica (hPa)

La rosa dei venti 2020, prodotta da Calmet e dato di input al modello, è rappresentata in figura 30.



**Figura 30 – Rosa dei venti – anno 2020**

## 6.5 – Risultati della simulazione modellistica

Nell'impostare la simulazione 2020 è stato necessario tener conto di alcune evoluzioni nel frattempo intervenute nel comparto e, conseguentemente, nelle sorgenti e nei dati di input al modello.

In particolare:

- nel 2020 l'area di coltivazione e copertura giornaliera della discarica sono stati posizionati in corrispondenza del 10 settore, mentre le misure sono state fatte mentre era attivo il 9°;
- la vasca di decantazione fanghi è stata completamente tamponata, perciò questa sorgente non è stata considerata come dato di input al modello;
- l'inceneritore (impianto IRE) è stato fermato il 31/12/19, nel 2020 è proseguita l'attività di vagliatura ed è quindi stata lasciata la sorgente relativa al cumulo di sostanza umida in area ex-biotunnel e, in via cautelativa, l'emissione relativa al CSS del magazzino principale.

Di seguito si riporta l'output della simulazione relativo al 98°percentile della concentrazione oraria di picco di odore per l'anno 2020 (Figura 31).

Per la valutazione dei risultati sono state considerate, infatti, le soglie di accettabilità del disturbo olfattivo, espresse come concentrazioni orarie di picco di odore al 98° percentile calcolate su base annuale, stabilite dalla Delibera di Giunta della Provincia Autonoma di Trento (Tabella 25):

**concentrazioni orarie di picco di  
odore al 98° percentile calcolate  
su base annuale**

1 ouE/m<sup>3</sup>

2 ouE/m<sup>3</sup>

3 ouE/m<sup>3</sup>

**Per recettori in aree residenziali**

a distanze superiori a 500 metri dalle sorgenti di odore

a distanze comprese tra 500 metri e 200 metri da sorgenti di odore

a distanze inferiori a 200 metri dalle sorgenti di odore

**Per recettori in aree non residenziali**

2 ouE/m<sup>3</sup>

a distanze superiori a 500 metri dalle sorgenti di odore

3 ouE/m<sup>3</sup>

a distanze comprese tra 500 metri e 200 metri da sorgenti di odore

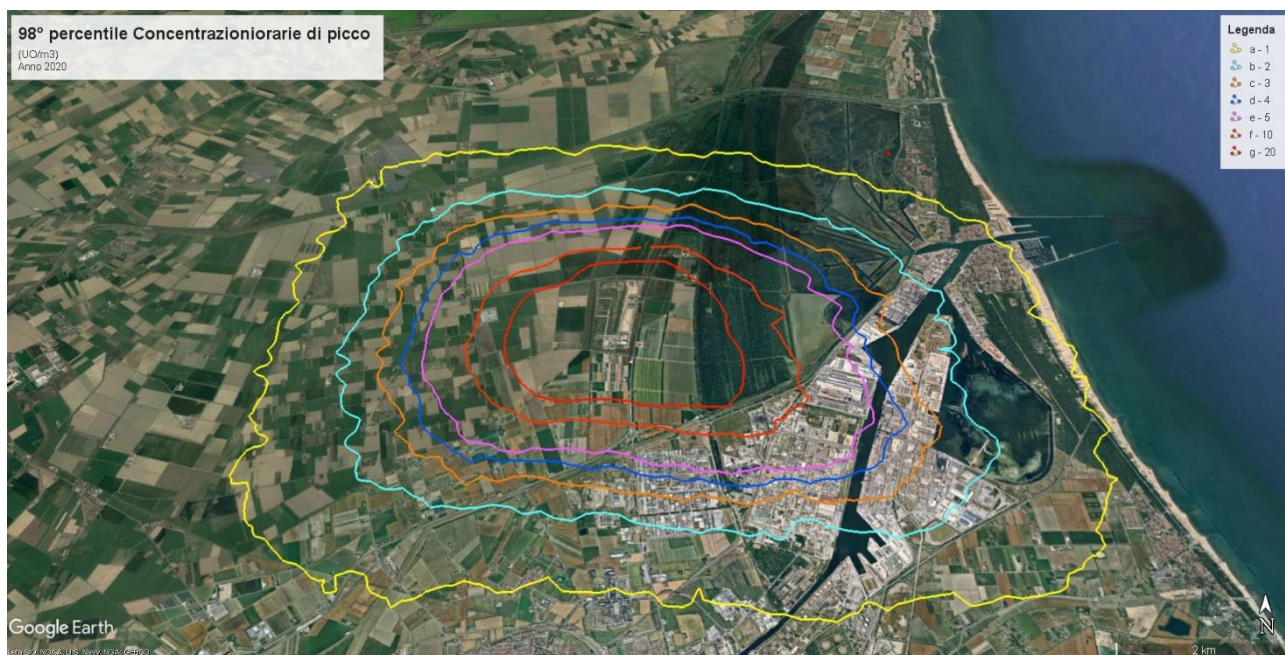
4 ouE/m<sup>3</sup>

a distanze inferiori a 200 metri dalle sorgenti di odore

**Tabella 25: Soglie di accettabilità del disturbo olfattivo - Delibera di Giunta della Provincia Autonoma di Trento (2016)**

In generale, le ricadute di odore restituite dal modello mostrano uno scenario di impatto odorigeno poco significativo:

- **l'isolinea a 1 UO<sub>E</sub>/m<sup>3</sup>** (linea gialla – “limite di accettabilità” per recettori in aree residenziali a distanze superiori a 500 metri dalle sorgenti di odore) si allarga in direzione ovest ed est per un raggio di circa 5 km dalla sorgente interessando gli abitati di Porto Corsini e Marina di Ravenna ad Est ed aree di campagna (non residenziali); a sud l'isolinea lambisce la città ma non interessa aree residenziali.
- **l'isolinea a 2 UO<sub>E</sub>/m<sup>3</sup>** (linea azzurra - “limite di accettabilità” per recettori in aree residenziali a distanze comprese fra 500 e 200 metri dalle sorgenti di odore o in aree non residenziali a distanze superiori a 500 metri) si allarga in direzione ovest ed est per un raggio di circa 4 km dalla sorgente non interessando zone residenziali;
- **Le isolinee relative a concentrazioni di odore > a 2 UO<sub>E</sub>/m<sup>3</sup>** interessano zone industriali/artigianali o aree in aperta campagna;



**Figura 31: 98° percentile della concentrazione oraria di picco – anno 2020**

## 6.6 - Tecnica di misura degli odori con sistema olfattometrico artificiale ("Naso Elettronico - NE")

La misura e il monitoraggio delle percezioni odorigene sono state effettuate anche con l'utilizzo del sistema olfattometrico artificiale o Naso Elettronico, un dispositivo in grado di simulare il processo mentale di memorizzazione e riconoscimento degli odori tipico del sistema olfattivo umano, progettato per rilevare e riconoscere miscele di gas e composti volatili.

Il principio di funzionamento del NE si basa sulla elaborazione dei segnali elettrici, prodotti da un insieme di sensori, che si generano in presenza della miscela gassosa da analizzare. I sensori utilizzati per la rilevazione delle sostanze gassose sono costituiti da film sottili di ossidi metallici semiconduttori (MOS), quali ad esempio ossidi di stagno, di molibdeno, di indio, di tungsteno, ecc. ecc. Questi materiali, riscaldati a temperature di 300÷400°C, presentano una conducibilità elettrica variabile in funzione dei gas presenti nell'ambiente d'esercizio. Prerogative dei sensori MOS sono l'elevata stabilità nel tempo e l'ottima risposta nei confronti delle molecole organiche (idrocarburi, aldeidi, alcoli, ecc.) normalmente associate ad una moltitudine di processi chimici e biochimici.

Il sistema olfattometrico artificiale, tramite la risposta dei propri sensori allo stimolo, crea un'"impronta caratteristica dell'aria odorosa" utilizzata poi dallo strumento per riconoscere campioni con le stesse caratteristiche o simili (ovvero con la stessa impronta).

Lo strumento, pertanto, non identifica la composizione chimica dell'aria, ma confronta i campioni aeriformi che continuamente vengono aspirati, con i campioni che costituiscono la sua "libreria di odori" precedentemente costruita durante l'addestramento, rilevandone la somiglianza.

Il naso elettronico è costituito dai seguenti dispositivi principali:

- Camera di misura. La camera di misura è costituita da una zona confinata, a temperatura e umidità controllate, contenente sei sensori di gas ad ossidi metallici semiconduttori. I sensori sono fra loro diversi, così che ciascuno di loro possa fornire una risposta diversa all'interazione con le sostanze odoranti (composti organici aromatici, alifatici, solforati, ammoniacali, ecc.). La camera, oltre ad essere termoregolata, è dotata di un sistema di controllo che agisce su una pompa di aspirazione che regola il flusso di aria in ingresso.
- Sistema di stabilizzazione dell'umidità. Provvede a regolare e stabilizzare l'umidità della miscela che entra nella camera di misura ed effettuare così la misura ad umidità e temperatura fisse.
- Sistema di autocalibrazione. Provvede a rilasciare, mediante tubo a permeazione, quantità controllate della sostanza di riferimento (N-Butanolo) necessaria alla periodica autocalibrazione dello strumento.
- Sistema di produzione aria inodore. E' un dispositivo ad ossidazione catalitica che produce aria pulita inodore attraverso un primo trattamento termico a temperatura di circa 1000°C, seguito da un passaggio su filtro a carbone attivo.

Tutti i dispositivi sono contenuti in una cabina dotata di un sistema di termoregolazione che ne consente l'utilizzo anche in esterno, in un ampio intervallo di temperatura ambientale.

Nel caso in esame è stato utilizzato lo strumento "EOS (Electronic Olfactory System) Ambiente" EOS507 di SACMI (Figura 32), progettato per il monitoraggio in continuo delle emissioni odorigene che possono generare un impatto olfattivo in aria ambiente e che consente di effettuare, con modalità automatiche, il riconoscimento qualitativo in continuo di sorgenti odorigene.





**Figura 32 -  
Apparato olfattometrico  
EOS507 di SACMI**

Opportunamente addestrato con campioni prelevati in corrispondenza delle sorgenti del comparto Hera (campioni noti), ha consentito di verificare e quantificare - in termini temporali – la frequenza con cui il recettore, posto a distanza dall'insediamento del comparto, percepiva il disturbo olfattivo. L'addestramento del naso elettronico rappresenta la prima fase del monitoraggio: è infatti necessario creare una banca dati delle impronte olfattive che l'aria potrebbe assumere per effetto delle emissioni odorigene aerodisperse e che lo strumento è poi chiamato a riconoscere.

A tal fine, prima delle due campagne, sono stati prelevati dei campioni in corrispondenza delle sorgenti Hera e sottoposti all'esame del naso elettronico: l'addestramento è avvenuto sia con i campioni tal quali, sia dopo diluizione e miscelazione automatica con aria pulita, in modo da generare campioni caratterizzati da diversi gradi di diluizione, analogamente a quanto può realizzarsi in ambiente per effetto della distanza tra sorgente e punto di ricaduta dell'odore.

L'insieme dei campioni con i quali addestrare il sistema olfattivo elettronico è stato poi integrato con il fondo ambientale inodore prelevato nella zona di indagine.

A valle di un processo di valutazione piuttosto complesso, che si basa sulla tecnica statistica-matematica di analisi delle componenti principali (PCA) applicata ai campioni di addestramento, è stato possibile valutare la capacità dello strumento di effettuare un adeguato riconoscimento, mantenendo al tempo stesso una buona linearità tra le diluizioni dei campioni.

Il NE effettua l'elaborazione in continuo delle rilevazioni, assegnando a ciascun campione un'etichetta corrispondente alla sorgente più probabile tra quelle con le quali lo strumento è stato addestrato e che, nel caso specifico, corrispondono ai campioni prelevati nel comparto nell'inverno 2018 e nell'estate 2019.

Ad ogni campione prelevato in corrispondenza delle sorgenti nel comparto, ed utilizzato per l'addestramento del naso, è stata associata una etichetta identificativa che identifica i diversi odori:

#### **Postazione 1 – campagna 2018**

AIR (aria di fondo)  
CUMULO-UMIDO  
PERCOLATO  
VASCA-FANGHI  
UN (odore non riconosciuto)

#### **Postazione 2 – campagna 2019**

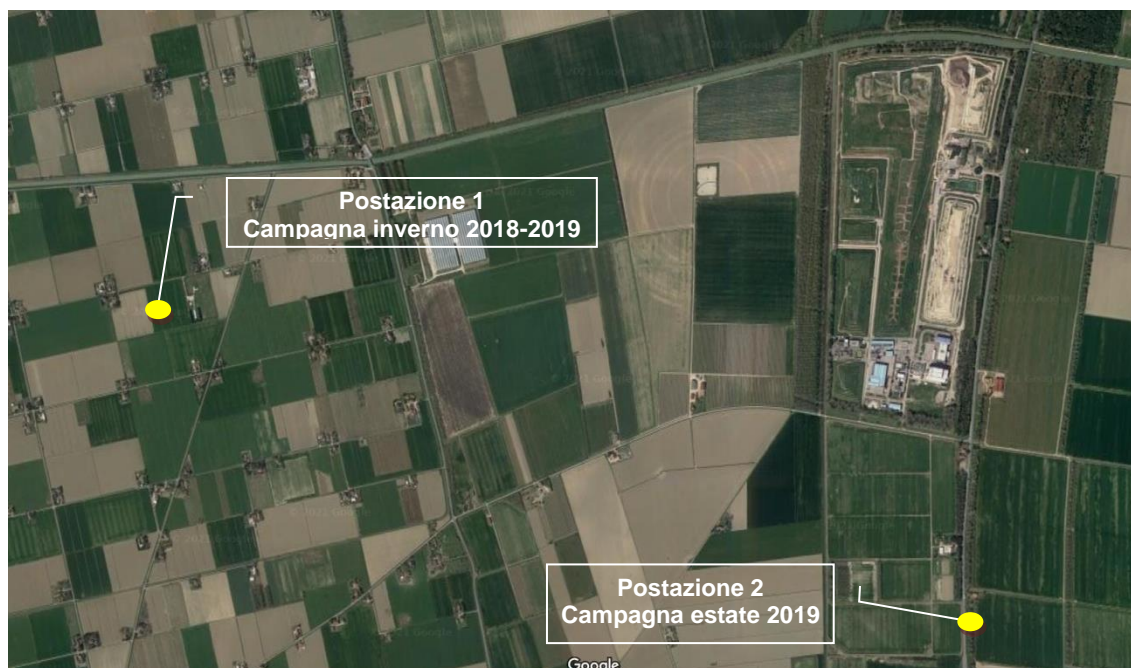
AIR (aria di fondo)  
COLT-DISC  
CSS  
CUMULO-UMIDO  
DISID\_ING  
DISID\_LAV  
DISID\_MATBIO  
UN (odore non riconosciuto)

A causa della distanza dalle sorgenti, degli effetti di diluizione e di rimescolamento dell'aria, anche con altre sorgenti non necessariamente odorigene, il naso elettronico può non riuscire a distinguere, in modo apprezzabile, le sorgenti di interesse; in tal caso assegna all'rilevamento l'etichetta "UN". L'etichetta "AIR", invece, indica che l'odore rilevato è quello generalmente presente al recettore (fondo).

Le due campagne di misura con il naso elettronico, per rilevare il contributo del comparto all'odori-rità dell'area, sono state effettuate:

- dal 12 dicembre 2018 al 27 gennaio 2019 (46 giorni di monitoraggio) nella postazione 1, a circa 2600 m in direzione Ovest rispetto al comparto;
- dal 6 agosto al 19 settembre (44 giorni di monitoraggio) nella postazione 2, a circa 600 m in direzione Sud.

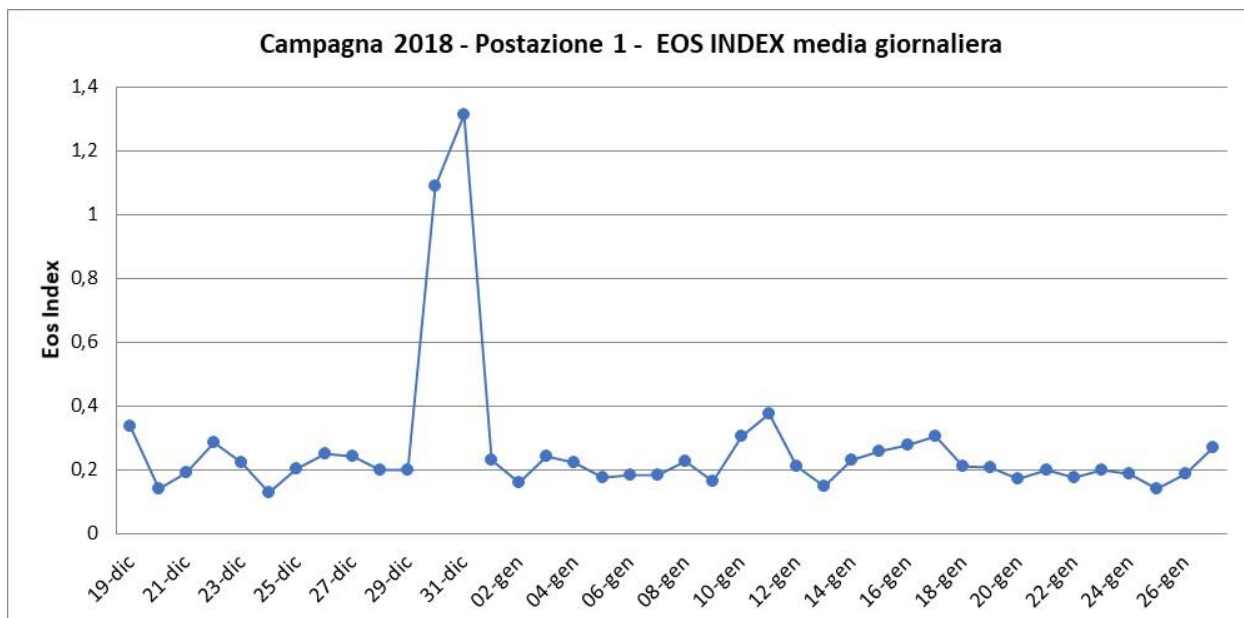
In figura 33 sono rappresentati i due siti in cui è stato posizionato il naso elettronico.



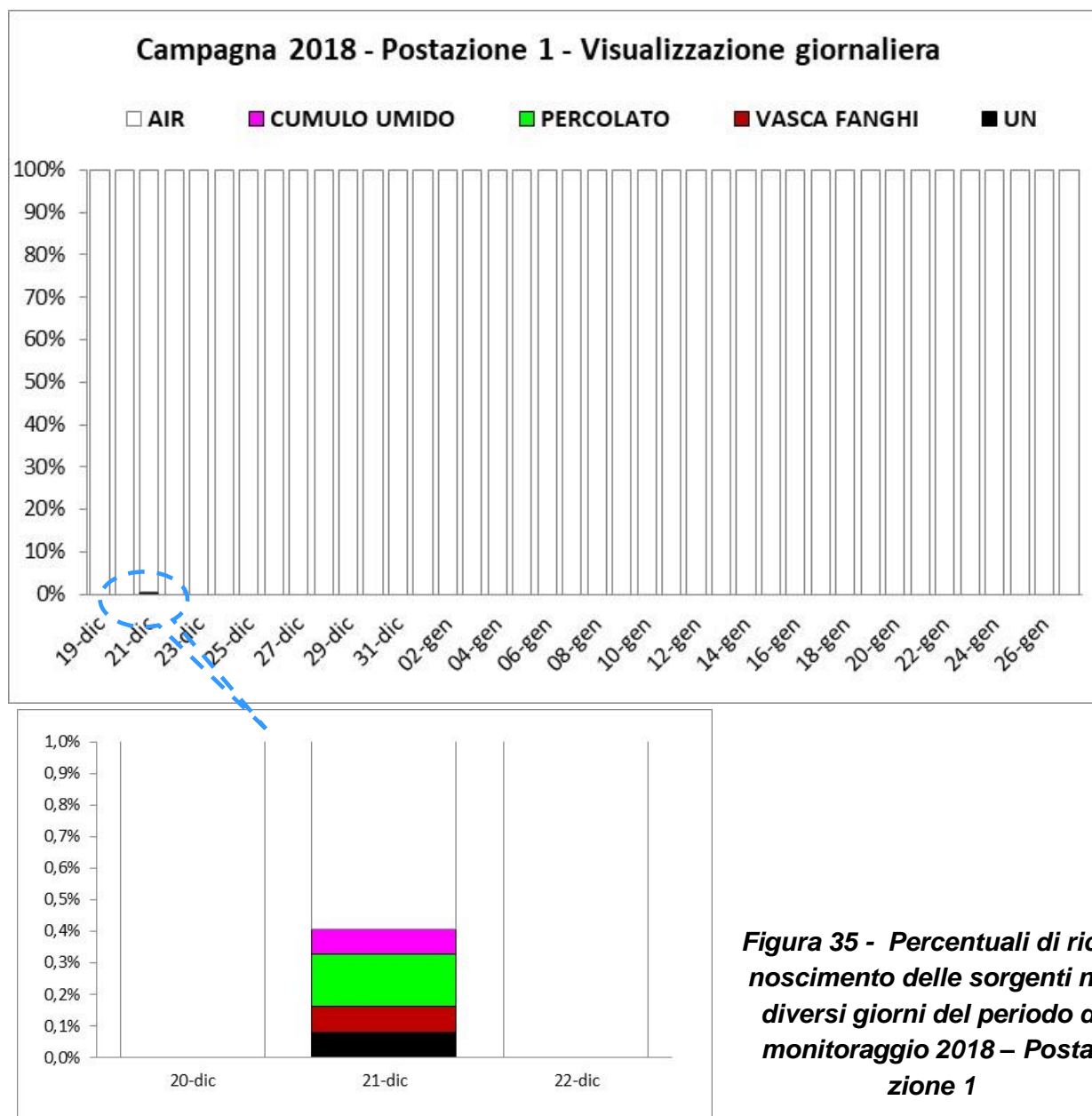
**Figura 33 – campagne di monitoraggio con il naso elettronico**

Nel corso delle due campagne di misura, durate complessivamente 90 giorni, le postazioni sono state investite da odore proveniente dal comparto, e riconosciute dal naso elettronico, in un numero piuttosto esiguo di giornate e per una percentuale di tempo limitata, come mostrato anche nei grafici che si riportano di seguito e che, per ogni campagna, indicano:

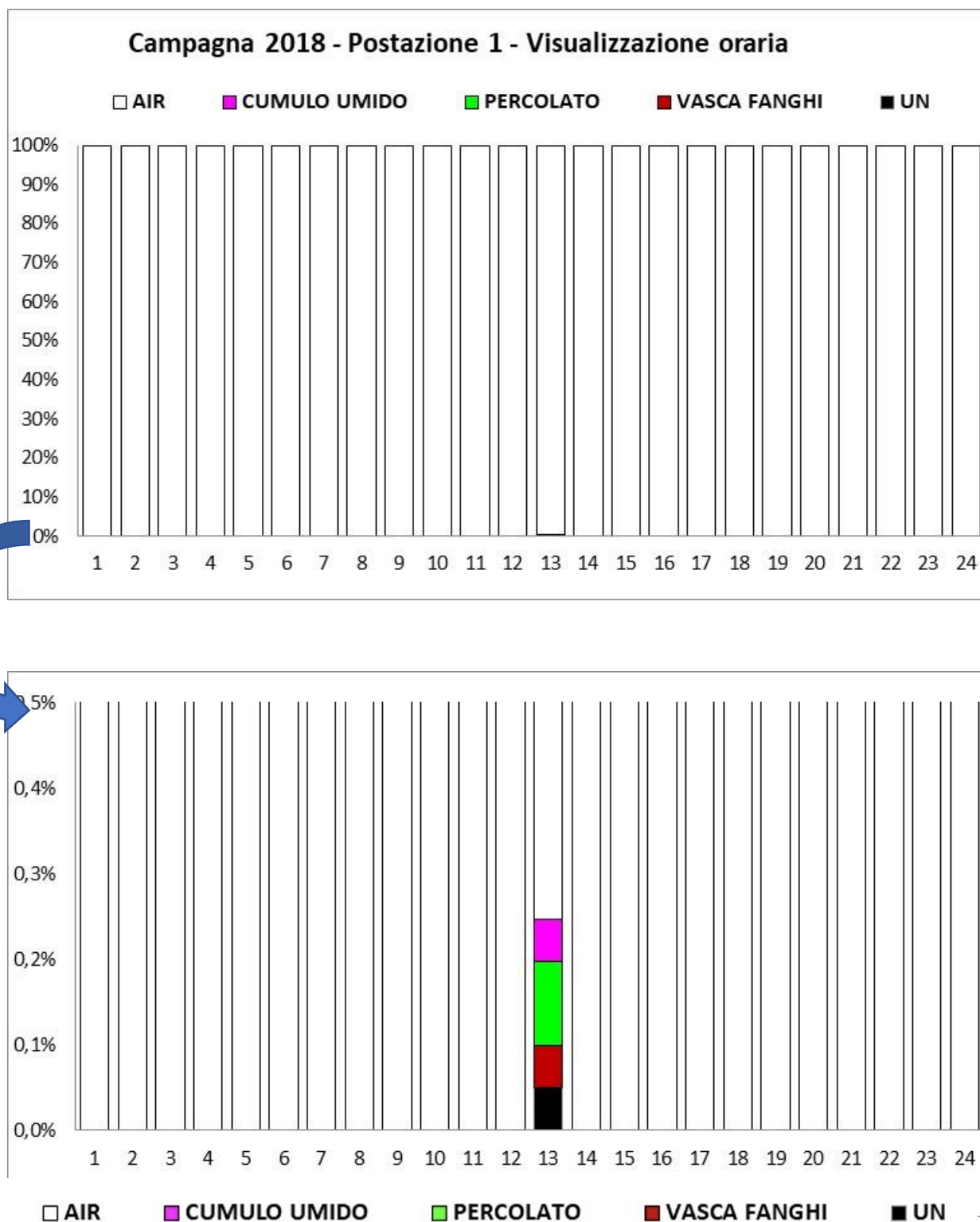
- la concentrazione media di odore (non necessariamente del comparto) presente durante le campagne nelle due postazioni (figure 34 e 37)
- le percentuali di riconoscimento giornaliere delle sorgenti del comparto, durante le due campagne di monitoraggio (figure 35 e 38);
- Il giorno tipico dell'odore relativo al periodo di misura, ovvero in quali ore – e mediamente con quale percentuale – è stato rilevato e riconosciuto l'odore delle sorgenti "caricate" nella libreria dello strumento in fase di addestramento del naso (figure 36 e 39).



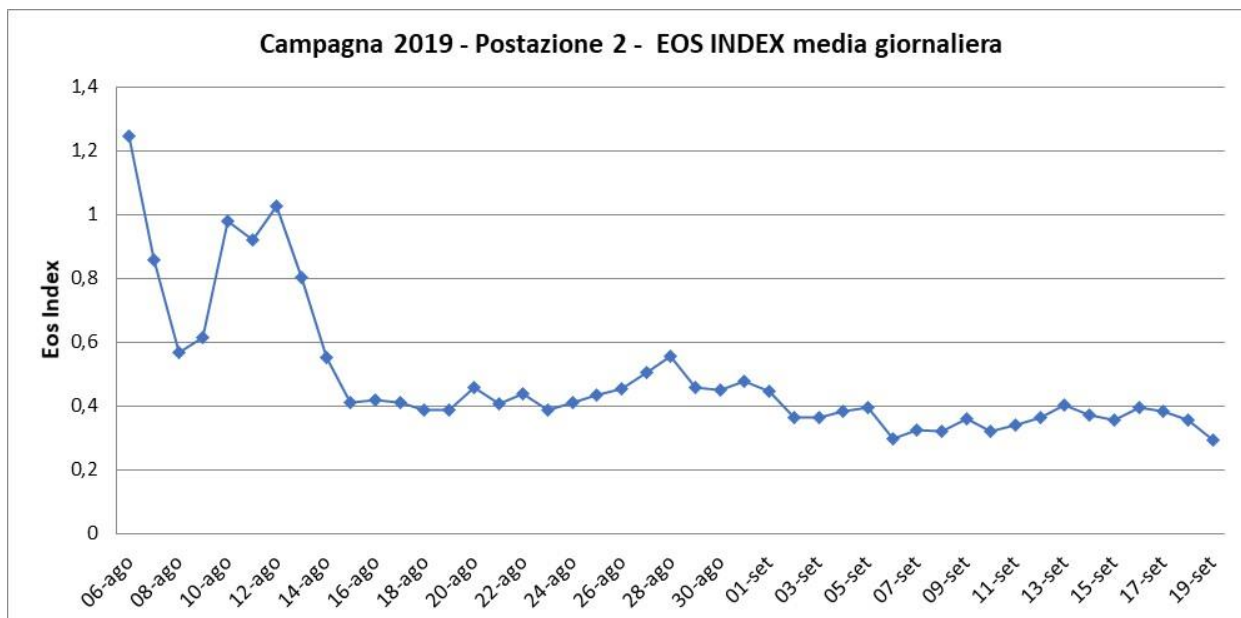
**Figura 34 – Andamento del EOS INDEX – Campagna 2018 – Postazione 1**



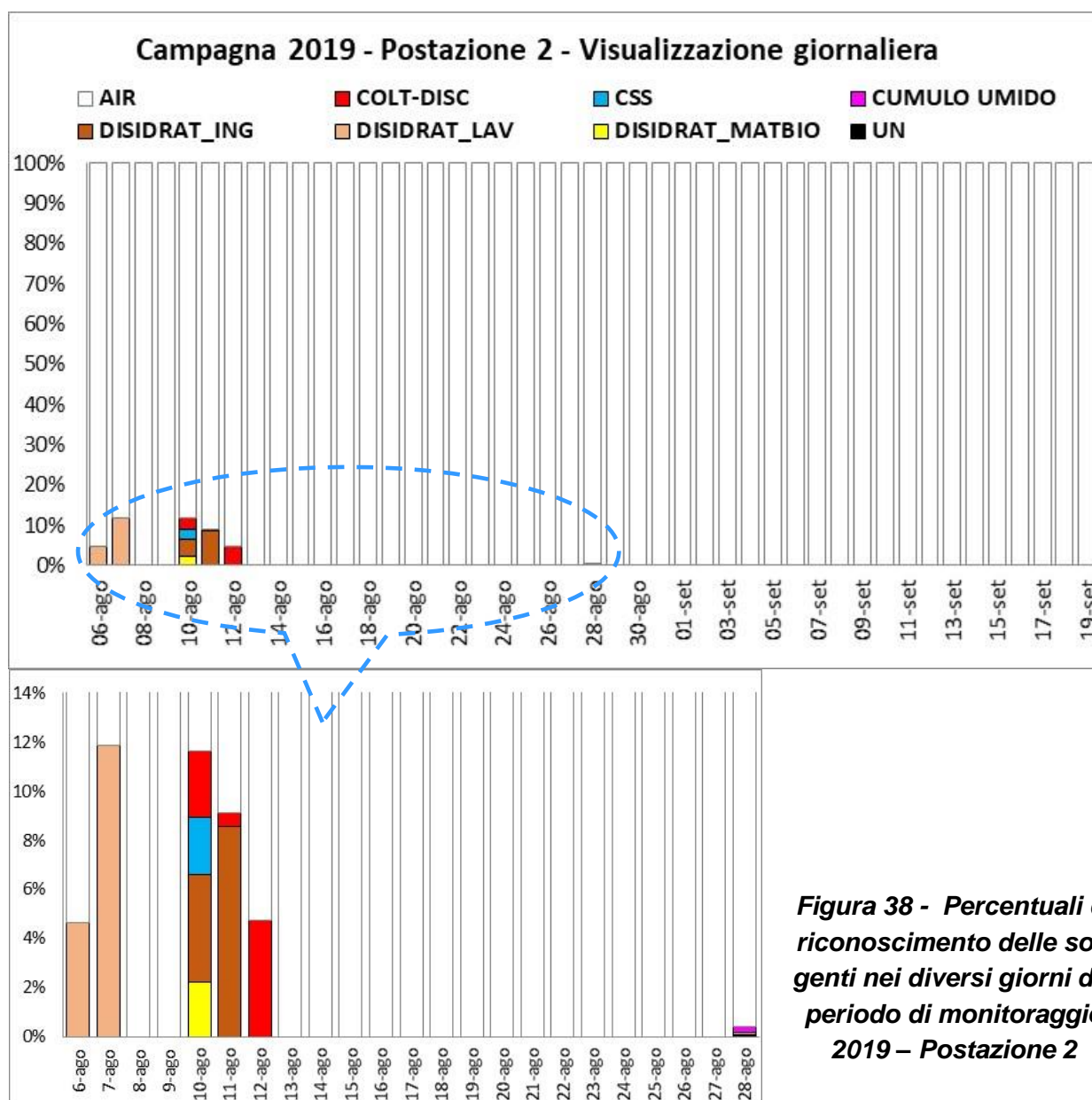
**Figura 35 - Percentuali di riconoscimento delle sorgenti nei diversi giorni del periodo di monitoraggio 2018 – Postazione 1**



**Figura 36 - Giorno tipico: % in cui mediamente nelle diverse ore dalla giornata sono state percepite le sorgenti del comparto nel periodo di monitoraggio 2018 – Postazione 1**

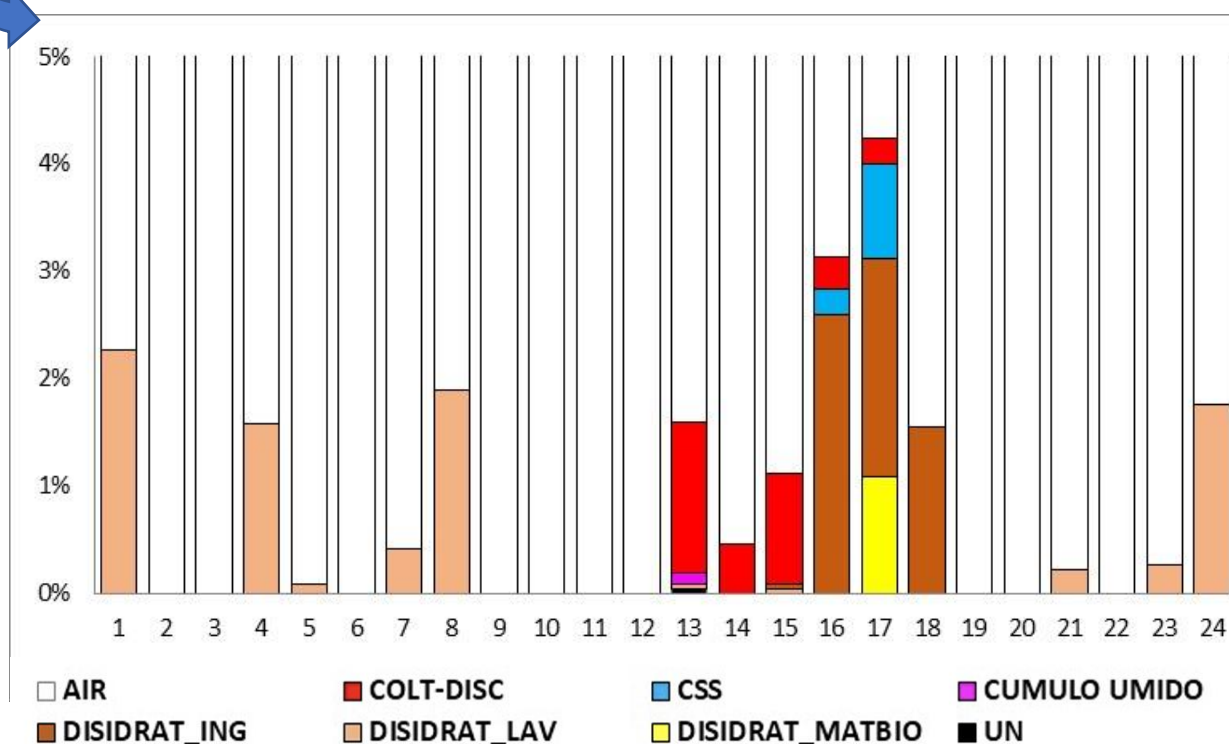
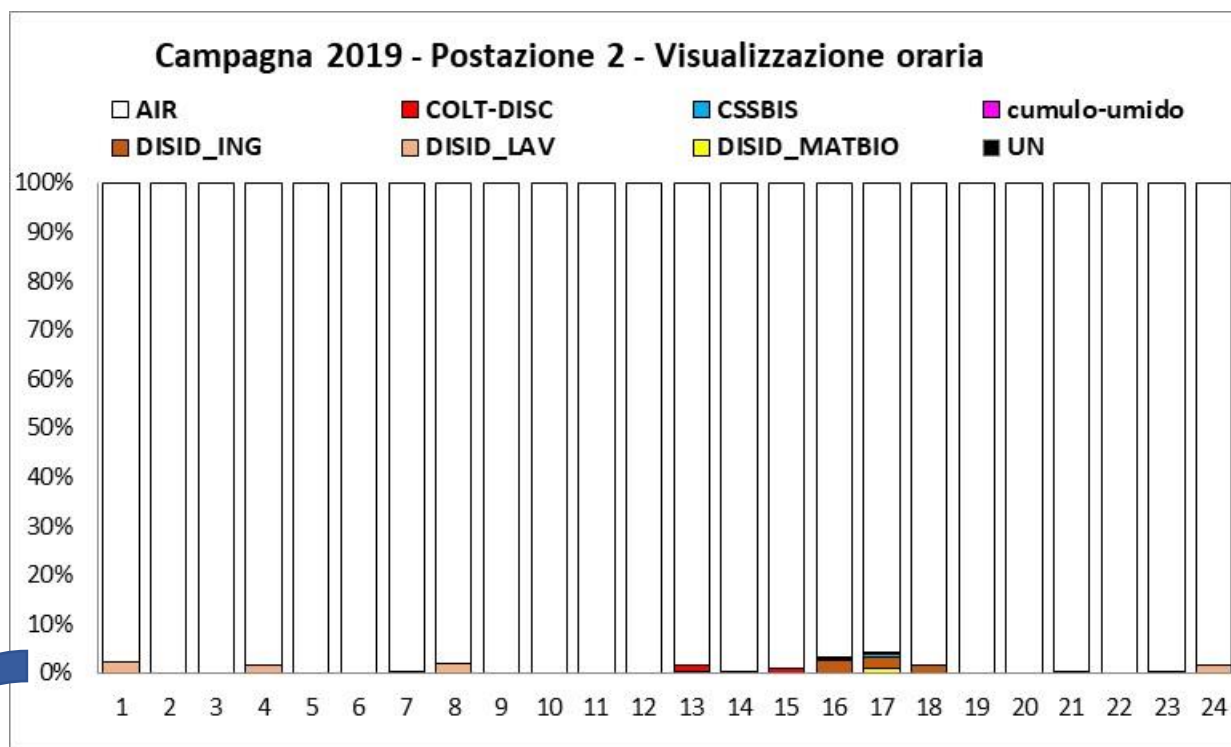


**Figura 37 – Andamento del EOS INDEX – Campagna 2019 – Postazione 2**



**Figura 38 - Percentuali di riconoscimento delle sorgenti nei diversi giorni del periodo di monitoraggio 2019 – Postazione 2**





**Figura 39 - Giorno tipico: % in cui mediamente nelle diverse ore dalla giornata sono state percepite le sorgenti del comparto nel periodo di monitoraggio 2019 – Postazione 2**



Nel 2018, in periodo invernale, il naso - collocato nella postazione a circa 2600 m in direzione Ovest rispetto al comparto – ha rilevato un solo evento di odore riconducibile al comparto, nella fascia oraria 12 - 13 il 21 dicembre 2018. Fin dalla mattinata del 21 dicembre la velocità del vento è stata piuttosto bassa ( $< 1$  m/s); in questa condizione gli effetti diffusivi tendono a prevalere rispetto a quelli di trasporto rendendo poco significativa l'informazione circa la direzione di provenienza del vento.

Durante la campagna estiva 2019, il naso - collocato nella postazione 2, a circa 600 m in direzione Sud dal comparto - ha rilevato un numero di eventi di odore riferibili all'impianto più consistente ma, anche in questo caso, non sufficienti a evidenziare una correlazione tra direzione del vento e odore percepito. La stagione estiva, più favorevole a processi che comportano emissioni odorigene diffuse più intense, e la minore distanza della postazione 2 al comparto possono spiegare il maggior numero di eventi segnalati dal naso elettronico.

In generale, entrambe le postazioni sono state poco frequentemente sottovento rispetto al comparto e questo ha sicuramente influito sull'efficacia ed efficienza della rilevazione dell'odore:

- nel 2018 il naso non ha rilevato in pratica odori riconducibili al comparto;
- nel 2019, nella postazione a Sud e più vicina, in sei giornate è stato possibile distinguere il contributo delle sorgenti Disidrat, discarica e CSS.

Con riferimento alla campagna estiva del 2019, la maggior parte dei giorni (38 giorni su 44, pari al 86% dei giorni), la qualità dell'aria è comunque associabile al fondo ambientale (etichetta AIR), mentre in 6 giornate sono stati riconoscimenti, di durata limitata, associati alle sorgenti del comparto.

Se si considerano i minuti durante i quali, nel periodo di monitoraggio, il naso elettronico ha effettuato un riconoscimento assegnato alle sorgenti del comparto, questi corrispondono a circa 1% del periodo: 0,2% derivante dalle emissioni della discarica, lo 0,1% dal CSS, lo 0,01% dal cumulo umido e lo 0,6% dall'impianto Disidrat.

Considerando l'insieme delle rilevazioni effettuate dal naso elettronico, nell'intero periodo di indagine, è ragionevole ipotizzare che la problematica odorigena legata al comparto – seppur presente – sia poco frequente e di durata decisamente inferiore a 15 ore al mese, tempo quest'ultimo che rappresenta il limite superiore di durata del disturbo olfattivo perché il disturbo stesso possa essere considerato "accettabile" ovvero rientri nei limiti di accettabilità.

I rilievi effettuati dal naso elettronico consentono di formulare alcune considerazioni:

- Nella maggior parte dei giorni in cui sono risultati attivi i rilevamenti con naso elettronico, la qualità dell'aria + associabile prevalentemente al fondo ambientale (etichetta AIR);
- Durante l'intero periodo di monitoraggio, l'etichetta UN (campione non definito) è stata associata ai campioni in esame in percentuale minima. Ciò significa che durante il funzionamento del naso elettronico, la quasi totalità dei campioni di aria esaminati era riconducibile al fondo ambientale (AIR) o ad odori riconducibili alle sorgenti con le quali è stato addestrato;
- Nella campagna 2018 il naso, tranne per un'ora, non ha rilevato odori riconducibili al comparto, questo è spiegabile considerando che, nel periodo considerato, i venti prevalenti sono stati occidentali per la quasi totalità del periodo. Inoltre le temperature del periodo invernale tendono ad abbassare l'intensità degli odori emessi dalle sorgenti diffuse del comparto.
- In alcune giornate di monitoraggio della campagna estiva 2019 il naso elettronico assegna percentuali di riconoscimento alle sorgenti del comparto, in particolare a quelle riconducibili ai fanghi dell'impianto Disidrat (etichetta Disidrat).